

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

Fakulta strojní

Studijní program B2341 – Strojírenství

Strojírenská technologie
zaměření tváření kovů a plastů

Katedra strojírenské technologie
Oddělení tváření kovů a plastů

Analýza deformace vnitřního dílu pátých dveří Škoda Octavia II

Analysis of deformation of inner sheet of the fifth door in Skoda Octavia II

Michala Macounová

KSP – TP – B 27

Vedoucí diplomové práce: Ing. Pavel Solfronk, Ph.D. – *TU v Liberci*

Konzultant diplomové práce: Ing. Lubomír Roleček – *Škoda Auto a.s.*

Rozsah práce a příloh:

Počet stran: 48

Počet tabulek: 14

Počet příloh: 26

Počet obrázků: 19

Datum: 25. 5. 2007

ANOTACE
TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI
Fakulta strojní
Katedra strojírenské technologie
Oddělení tváření kovů a plastů

Studijní program: B2341 - Strojírenství
Bakalářka: Michala Macounová
Téma práce: Analýza deformace vnitřního dílu pátých dveří limuzíny
Škoda Octavia II

Číslo BP: KSP – TP – B 27
Vedoucí BP: Ing. Pavel Solfronk, Ph.D.
Konzultant: Ing. Lubomír Roleček

Abstrakt:

Bakalářská práce byla zadána na základě požadavku lisovny Škoda Auto a.s.. V práci je řešena problematika komplexní analýzy deformací na výlisku při použití materiálu, který dodala ocelárna ArcelorMittal – závod Sollac. Na základě výsledků analýzy deformací je posouzena vhodnost použití materiálu pro výlisek karosářského typu.

Abstrakt:

This bachelor's job was ordered following to the stamping shop's request of Skoda Auto a.g.. In this job there is solved the point of deformation in stamping using the material supplied by steel works ArcelorMittal – plant Sollac. Based on the results of analysis of deformation there is judged a suitability of this material for stamping of the coach work type.

Místopřísežné prohlášení:

Místopřísežně prohlašuji, že jsem diplomovou práci vypracovala samostatně s použitím uvedené literatury.

V Liberci, 25. 5. 2007

.....

Michala Macounová

Březenská 676

Sobotka

504 73

Děkuji celému kolektivu z oddělení VZT – Sériové plánování lisoven a svařoven, ŠkodaAuto a.s. a oddělení tváření kovů a plastů, Technické university v Liberci za cenné rady a připomínky, které mi pomohly při řešení mé bakalářské práce.

.....

Obsah:

Seznam použitých zkratk a symbolů:.....	8
1. Úvod.....	10
2. Plechy pro karosářskou výrobu	10
2.1. Nízkouhlíkové hlubokotažné oceli LSS (low-strength steels).....	11
2.1.1. IF oceli - oceli bez intersticií (Interstitial free).....	12
2.2. Vysokopevnostní oceli HSS (high-strength steels).....	12
2.2.1. Izotropní oceli (IS) – Isotropic steels.....	12
2.2.2. Vysokopevnostní IF oceli (IF-HS) - High strength	
interstitial free steels	13
2.2.3. Oceli s BH efektem.....	13
2.2.4. Uhlík-manganové oceli (C-Mn)	13
2.2.5. Vysokopevnostní mikrolegované oceli (HSLA)	14
2.3. Ultra vysokopevnostní oceli (ultra high-strength steels).....	14
2.3.1. DP oceli – dvoufázové oceli (Dual Phase Steels)	14
2.3.2. CP oceli – komplexní fáze (Complex Phase Steels).....	14
2.3.3. TRIP oceli – transformačně indukovaná plasticita.....	14
2.3.4. TWIP oceli – (Twinning – Induced Plasticity)	15
2.3.5. Martenzitické oceli	15
2.4. Mechanismy zpevnění ocelí	15
2.4.1. Deformační zpevnění.....	15
2.4.2. Zpevnění BH efektem.....	16
2.4.3. Zpevnění tuhého roztoku	16
2.4.4. Zpevnění zjemněním zrna	17
3. Zkoušky plechů.....	17
3.1. Statická kouška tahem	18
3.2. Analýza stupně přetvoření materiálu po procesu tažení.....	22
3.2.1. Princip systému Argus	23
3.2.2. Aplikace	24
3.2.3. Kompletní měření velkých dílů	25
3.2.4. Diagramy mezního přetvoření.....	25
4. Technologie tažení.....	26



5. Experimentální část.....	26
5.1. Zavedené značení dílů ve Škoda Auto a.s.	27
5.2. Příprava vzorků	29
6. Měření drsnosti povrchu materiálu	29
6.1. Popis měřicího zařízení	30
6.2. Průběh měření.....	30
6.3. Výsledky měření	31
6.4. Vyhodnocení výsledků	33
7. Provedení zkoušky tahem.....	33
7.1. Popis zkušebního zařízení.....	33
7.2. Průběh zkoušky	34
7.3. Výsledky tahové zkoušky	35
7.4. Vyhodnocení výsledků	37
8. Analýza deformace výlisku	38
8.1. Popis zkušebního zařízení.....	38
8.2. Průběh zkoušky	39
8.3. Vyhodnocení měření	42
9. Závěr	44
10. Použitá literatura:	45
11. Seznam příloh:	47

Seznam použitých zkratk a symbolů:

$R_{p0.2}$	smluvní mez kluzu	[MPa]
R_m	mez pevnosti	[MPa]
$R_{p0.2}/R_m$	poměr meze kluzu k mezi pevnosti	[-]
Z	kontrakce	[%]
A_x	tažnost / x – udává délku měřené oblasti	[%]
A_{80}	tažnost na mezi pevnosti	[%]
A_g	tažnost odpovídající rovnoměrnému prodloužení na mezi pevnosti ε_H	[%]
n	exponent deformačního zpevnění	[-]
n_s	střední exponent deformačního zpevnění	[-]
n_0	exponent deformačního zpevnění ve směru 0°	[-]
n_{45}	exponent deformačního zpevnění ve směru 45°	[-]
n_{90}	exponent deformačního zpevnění ve směru 90°	[-]
r	koeficient normálové anizotropie	[-]
r_s	střední hodnota koeficientu normálové anizotropie	[-]
r_0	koeficient normálová anizotropie ve směru 0°	[-]
r_{45}	koeficient normálová anizotropie ve směru 45°	[-]
r_{90}	koeficient normálová anizotropie ve směru 90°	[-]
Δr	koeficient plošné anizotropie	[-]
KUT	komplexní ukazatel tvářitelnosti	[-]
ZP	zásoba plasticity	[-]
k	koeficient zaplnění plochy	[-]
F	tažná síla	[N]
F_{max}	maximální zatěžující síla při zkoušce tahem	[N]
F_m	síla na mezi pevnosti	[N]
F_e	síla na horní mezi kluzu	[N]
R	smluvní jmenovité napětí	[MPa]
E	modul pružnosti v tahu	[MPa]
σ	skutečné napětí	[MPa]
R_e	mez kluzu	[MPa]
L_0	původní délka zkušební tyčky	[mm]



L_u	délka zkušební tyčky po přetržení	[mm]
ΔL	rozdíl původní délky a délky po přetržení	[mm]
L	měřená délka průtahoměru	[mm]
S_u	průřez zkušební tyčky po přetržení	[mm ²]
S_0	původní průřez zkušební tyčky	[mm ²]
b_0	původní šířka	[mm]
b_1	šířka po deformaci	[mm]
s_0	původní tloušťka	[mm]
s_1	tloušťka po deformaci	[mm]
x	směr odebrání vzorků	[-]
ε	poměrné prodloužení	[%]
R_a	střední aritmetické hodnota drsnosti	[μm]
R_z	maximální výška profilu	[μm]
P_c	počet výstupků	[cm ⁻¹]

1. Úvod

Dnešní doba se vyznačuje tvrdým konkurenčním bojem firem, a tak není ničím neobvyklým, že i výrobci automobilů se snaží přijít na trh se stále dokonalejšími automobily. V automobilovém průmyslu se klade důraz nejen na kvalitu finálního produktu, ale i na každý návrh, postup výroby, dílčí krok i na díl. Právě v tomto směru patří ŠKODA AUTO a.s. k předním výrobcům automobilů a celkové zpracování je zde na špičkové úrovni.

U součástí vyráběných z plechů činí podíl tvářecích operací téměř 76 %. Výtažky z plechu při vlastní malé hmotnosti vykazují potřebné pevnostní a tuhostní parametry, a tím velmi dobré užitné vlastnosti. Jednotlivé díly karosérií automobilů představují v převážné míře velkorozměrné výlisky nepravidelných tvarů, které jsou z hlediska lisování dosti náročné.

Většina firem, zabývajících se lisováním výlisků karosářského typu, spoléhá na dlouholetou praxi a zkušenost svých konstruktérů, technologů a nástrojařů. Problém nastává při zavádění nových typů technologií nebo jiné jakosti materiálu. Zde pouze dlouholeté zkušenosti nestačí a je nutno aplikovat např. komplexní analýzu přetvoření výlisku. Ta ukáže kritická místa a jim odpovídající velikosti deformací. Ve finále to znamená snížení počtu zmetků a zkrácení doby přípravy výroby.

Tato bakalářská práce byla zadána a vypracována na základě požadavku firmy Škoda Auto, a.s.. Cílem této bakalářské práce je prozkoumání vlastností nového materiálu u jednoho ze složitějších karosářských dílů a to pro „páté vnitřní dveře Škody Octavie A5“. Plechy pro vykonání zkoušek dodala ocelárna ArcelorMittal – závod Sollac.

2. Plechy pro karosářskou výrobu [1],[2], [3]

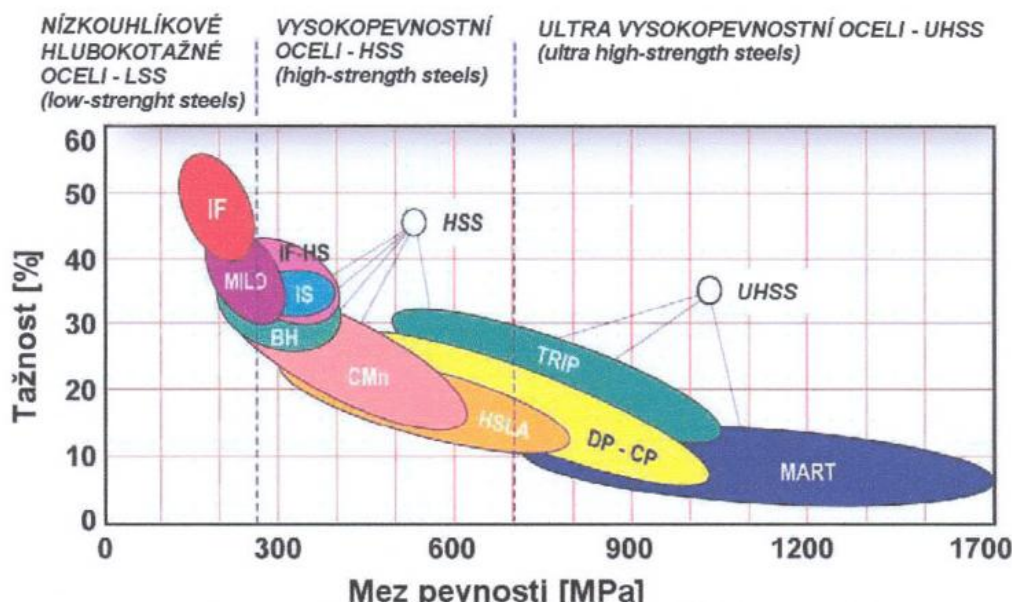
Ocel je jedním z nejfundamentálnějších materiálů na světě. Její využití zasahuje téměř do všech oblastí denního života – je všestranně použitelná a spolehlivá. Prakticky v každém oboru, kde se vyskytuje, se počítá s její efektivností a často až nadsazenou bezpečností. Všeobecně rozšířená obliba oceli spočívá především v její vysoké pevnosti a vynikající tvářitelnosti.

Ocelové plechy jsou charakterizovány vysokou kvalitou povrchu a také zvláštní vhodností k jeho další úpravě.

Pevnostní materiály a jejich základní rozdělení je uvedeno v lit. [4].

Dnes používané ocelové materiály pro stavbu karosérie můžeme rozdělit na hlubokotažné (viz. kapitola 2.1.) a vysokopevnostní (viz. kapitola 2.2.) materiály zajišťující bezpečnost celé karosérie či materiály se zvýšenou mezí kluzu s dobrou tvářitelností. Oceli určené pro výrobu karosérií musí splňovat vysoké požadavky dané výrobcem automobilů. Řešení karosérie tvoří vzhled automobilu, který působí na zákazníka, významnou měrou se podílí na životnosti automobilu. Svou kvalitou a způsobem použití vhodných kombinací materiálů značně ovlivňuje bezpečnost cestujících. Při pohledu na karosérii vozidla je zřejmé, že je tvořena řadou složitých a tvarově náročných výlisků z tenkých plechů. Na všechny tyto části jsou kladeny velké požadavky v oblasti kvality zpracování, tvarových tolerancí a jiných faktorů, které musí tyto díly splňovat.

Pro stavbu karosérie můžeme použít různé druhy ocelí (viz. obr. 2.1.)



Obr. 2.1: Rozdělení oceli v závislosti na tažnosti a mezi pevnosti

2.1. Nízkouhlíkové hlubokotažné oceli LSS (low-strength steels)

Nabízejí vysokou míru tvářitelnosti, používají se pro povrchové výlisky, vnitřní a vnější pohledové panelové části. Rozdělují se do těchto skupin:

CS	- plechy běžné kvality (Commercial Steel)
DS	- tažné plechy (Drawing Steel)
DDS	- hlubokotažné plechy (Deep Drawing Steel)
EDDS	- zvlášť hlubokotažné plechy (Extra Deep Drawing Steel)
EDDS – Plus	- super hlubokotažné (Extra Deep Drawing Steel – Plus)

2.1.1. IF oceli - oceli bez intersticií (Interstitial free)

Pojmenování vychází z anglického Interstitial-Free. Mají interstiticky rozpustné atomy uhlíku a dusíku vázané ve stabilních karbonitridech (TiCN, NbCN) prováděné mikrolegováním Nb či Ti anebo kombinací Nb a Ti. Snížením obsahu uhlíku a dusíku ve formě tuhého roztoku docílíme výrazného zlepšení plastických vlastností oceli. Množství Nb a Ti je stále vyvíjeno pro dosažení optima mezi pevností a tvářitelností plechu. Praktické výsledky ukazují, že mnohem výhodnější je legování Nb či kombinací Nb a Ti. Ovšem množství Nb má vliv na velikost zrna, na stárnutí oceli a také zvyšuje rekrytalizační teplotu. Důsledkem je vyšší energetická náročnost při výrobě (vyšší žhací teploty). Výsledné mechanické vlastnosti jsou závislé na obsahu dalších legujících prvků způsobujících roztokové zpevnění (např. Mn, P), množství a disperzitu (rozptýlení) precipitátů, velikosti feritického zrna a také na úběru při hladicím válcování. Tento úběr má velmi významný vliv na tvářitelnost, jelikož je prováděn za studena. Má za následek zpevnění a vznik deformační struktury, které snižují tvářitelnost. Mez kluzu se pohybuje okolo 150 MPa a mez pevnosti okolo 300 MPa.

Tyto oceli byly vyvinuty k dosažení vhodného kompromisu mezi pevností a schopností hlubokého tažení. Po válcování za studena mají tyto oceli výborné mechanické vlastnosti, jako je tvářitelnost, koeficient deformačního zpevnění (viz. kapitola 3.1.) a normálová anizotropie (viz. kapitola 3.1.). Téměř nepodléhají deformačnímu stárnutí a dají se používat i pro žárové pozinkování. Jsou dnes velmi běžně používány pro stavbu karoserie a zejména na výrobu dílů jako jsou např. podběhy, čela, výztuhy.

2.2. Vysokopevnostní oceli HSS (high-strength steels)

Tažnost těchto ocelí je omezená, jejich mechanické vlastnosti přesto nabízejí možnost použití u vyztužujících elementů a konstrukčních dílů. Tyto produkty jsou vhodné především pro výrobu dílů jako je podvozek, výztuhy apod.. Vyznačují se dobrou životností stejně jako odolností proti deformaci nárazem.

2.2.1. Izotropní oceli (IS) – Isotropic steels

Tyto oceli byly vyvinuty pro výlisky vyráběné vypínáním či jednoosou napjatostí a oproti mikrolegovaným ocelím (HSLA) se vyznačují vyšší hodnotou exponentu deformačního zpevnění. Mají dobrou odolnost proti vtláčení, dobrou tažnost, jsou charakterizovány nízkou hodnotou plošné anizotropie. Orientace mřížky

je těchto ocelí v jednotlivých zrnech různá (bez výrazné směrovosti), a proto jsou mechanické vlastnosti ve všech směrech stejné [5] .

2.2.2. Vysokopevnostní IF oceli (IF-HS) - High strength interstitial free steels

Tyto oceli jsou založeny na konceptu IF ocelí. Mají ultra nízkou hodnotu obsahu uhlíku a oproti běžným IF ocelím jemnější zrna. Mez kluzu se pohybuje okolo 220 MPa a mez pevnosti v tahu okolo 390 MPa. Za účelem zvýšení pevnosti se využívá zpevnění tuhého roztoku. Legujícími prvky jsou mangan, niob, titan či fosfor. Např. účinkem 0,1% fosforu dojde ke zvýšení pevnosti v tahu až o 100MPa.

Tyto oceli jsou dnes běžně používány pro stavbu karoserie a zejména na výrobu dílů které musejí vykazovat vysokou mechanickou pevnost, jako jsou podběhy, čela, výztuhy , ale také i na povrchové díly karosérie.

Tyto oceli byli vyvinuty k dosažení vhodného kompromisu mezi pevností a schopností hlubokého tažení. Téměř nepodléhají deformačnímu stárnutí a dají se používat i pro žárové pozinkování.

2.2.3. Oceli s BH efektem

Název pochází z anglického Bake-Hardening. Běžné IF oceli mají nízkou a nevýraznou mez kluzu, která je sice vhodná z pohledu tvárnosti , ale nevhodná z hlediska odolnosti proti vtlačení. To platí u plochých výlisků, kde je malý stupeň přetvoření. Všechny BH oceli mají dobrou hlubokou tažnost, jsou odolné proti deformaci hotových dílů.

Plech z BH oceli jsou určeny převážně pro automobilový průmysl, kde jsou využívány na výrobu viditelných dílů (dveře, víka motorů, zavazadlových prostorů, předních blatníků a střeš) i na konstrukční prvky (části podlahy, výztuhy, příčné nosníky).

Speciální forma zvýšení pevnosti tenkého plechu je tzv. Bake Hardening (viz. kapitola 2.4.2.).

2.2.4. Uhlík-manganové oceli (C-Mn)

Obsah manganu v uhlíkových ocelích se pohybuje v rozmezí 1,2 až 1,8% a přidává se za účelem prokalitelnosti, houževnatosti a pevnosti v tahu. Pevnost v tahu může dosahovat hodnot až 600 MPa. [6]

2.2.5. Vysokopevnostní mikrolegované oceli (HSLA)

Mechanické vlastnosti těchto ocelí jsou závislé na mikrostruktuře, která je tvořena uhlíkem (0,05 – 0,5%) a manganem (až 2%). Legující prvky vanad, niob a titan zvyšují pevnost, která může dosahovat až 700 MPa.

Požívají pro speciální konstrukce a součástky, které musí odolávat nárazu.

2.3. Ultra vysokopevnostní oceli (ultra high-strength steels)

Tato skupina ocelí vykazuje vynikající mechanické vlastnosti. Mez kluzu dosahuje hodnot vyšších než 550 MPa a pevnost v tahu 700 MPa a více.

2.3.1. DP oceli – dvoufázové oceli (Dual Phase Steels)

Skládají se z feritické matrice, ve které je obsaženo 20% až 70% malých ostrůvků martenzitu (bainitu – pro výlisky tvářené vypínáním). Tato struktura zaručuje pevnost 500 – 1000 MPa. Dobrá tažnost je zajištěna měkkou fází, feritem. Ve feritu je koncentrováno napětí, a tak dochází k jeho zpevnění. V DP ocelích je účelně ponecháno větší množství uhlíku pro lepší kalitelnost (tvorba martenzitu či bainitu) za běžných ochlazovacích rychlostí. Uhlík podporuje nejen tvorbu martenzitu, ale také zpevňuje ferit ve formě tuhého roztoku. U těchto ocelí je možné dosáhnout dobrých mechanických vlastností, kdy mez kluzu roste maximálně na 70% meze pevnosti ($R_m = 1000$ MPa), a proto mají tyto oceli vysoký koeficient deformačního zpevnění, čímž se značně ulehčuje tvářecí proces. Tyto materiály umožňují využít také BH efektu.

2.3.2. CP oceli – komplexní fáze (Complex Phase Steels)

Jsou to vícefázové oceli s jemnozrnnou strukturou, která se skládá z feritu a většího množství tvrdých fází (bahnit či martenzit). Obsahují obdobné legující prvky jako DP a TRIP ocele, ale CP ocel je navíc mikrolegována niobem, titanem a vanadem pro tvorbu jemného precipitátu. Vyznačují se vysokou mezí pevnosti dosahující hodnot 800 – 1000 MPa s tažností minimálně 10%. Hlavním charakteristickým znakem CP ocelí je vysoký stupeň deformačního zpevnění, proto jsou vhodné k výrobě bezpečnostních prvků karosérie (např. výztuhy nárazníků, sloupků apod.).

2.3.3. TRIP oceli – transformačně indukovaná plasticita

Těmto ocelím se také říká ocel se zbytkovým austenitem. Struktura je tvořena feritem, bainitem a menším množstvím zbytkovým nepřeměněným austenitem (5%). Austenit se během procesu tváření přemění na tvrdý martenzit, čímž dojde ke zvýšení

koeficientu deformačního zpevnění. TRIP oceli obsahují větší množství uhlíku, křemíku a hliníku než DP oceli. Při nižším obsahu uhlíku je austenit přetvořen již během tváření, což má za následek vysoké zpevňování oceli již během tváření. Naopak při vyšším obsahu uhlíku zůstane austenit stabilní i po vylišování a začne se přeměňovat až při vnesení další deformace, jakou je např. náraz. Mez v pevnosti může dosahovat až 1050 MPa a tažnost max. 28%.

Poskytují vynikající tvářitelnost a výborně pohlcují deformační energii, která vzniká při nárazu. Jsou předurčeny k výrobě nejnáročnějších součástí v automobilovém průmyslu, nejčastějším použitím těchto ocelí jsou výztuhy dveří a střech.

2.3.4. TWIP oceli – (Twinning – Induced Plasticity)

Tyto moderní oceli patří do skupiny austenitických ocelí, které mají vynikající mechanické vlastnosti. TWIP efektem se rozumí dvojčatní austenitických zrn, při kterém nedochází k přeměně na martenzit. Pro využití TWIP efektu je nutné zabránit pomocí chemického složení transformaci austenitu na martenzit. Tyto oceli obsahují 15 – 20% manganu a další prvky jako je hliník a křemík. Mez pevnosti v tahu může dosahovat 1200 MPa při 50% tažnosti. Při pevnosti TWIP oceli 620 MPa může tažnost dosahovat až 88%. Tyto oceli se stále vyvíjejí, ale teď už je jasné, že budou využívány pro výrobu nosných dílů karosérie, které jsou vystaveny vysokému zatížení. Je to velice perspektivní materiál, protože díky své vysoké tažnosti se může deformovat i po tváření.

2.3.5. Martenzitické oceli

V této oceli je téměř všechno austenit transformován v martenzit během ochlazování na válcovací trati nebo následně ochlazováním za žhacích teplot (tato struktura může být vytvořena i po tváření při tepelném zpracování). Martenzitické oceli patří mezi materiály s nejvyšší mezí pevnosti, která může být i větší jak 1500 MPa. Pro zvýšení tvrdosti je přidáván uhlík a další prvky, jako jsou mangan, chrom, křemík, molybden, vanad, bór, nikl, které se používají samostatně nebo v kombinaci.

2.4. Mechanismy zpevnění ocelí [6]

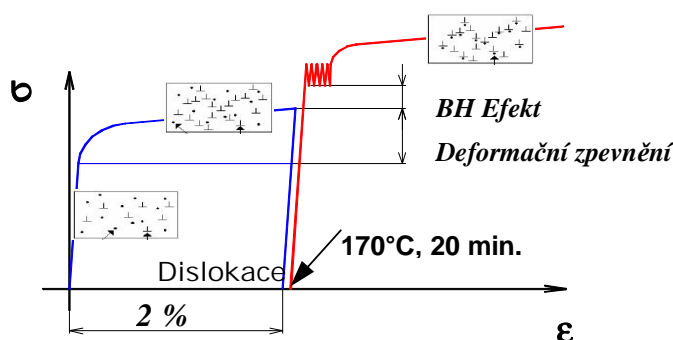
2.4.1. Deformační zpevnění

Deformační zpevnění je vyjádření růstu napětí pro zvyšování plasticke deformace a je určeno deformační charakteristikou materiálu. V kovech touto

deformací roste hustota mřížkových poruch, které představují překážky pro pohyb dislokací a dalších vad mřížky. Tyto vady se hromadí uvnitř zrn tvářeného kovu a jsou zdrojem vnitřních napětí při tváření a tak způsobují vlastní zpevnění materiálu. Průvodním jevem deformačního zpevnění je zvýšení meze kluzu, meze pevnosti v tahu a snížení tažnosti.

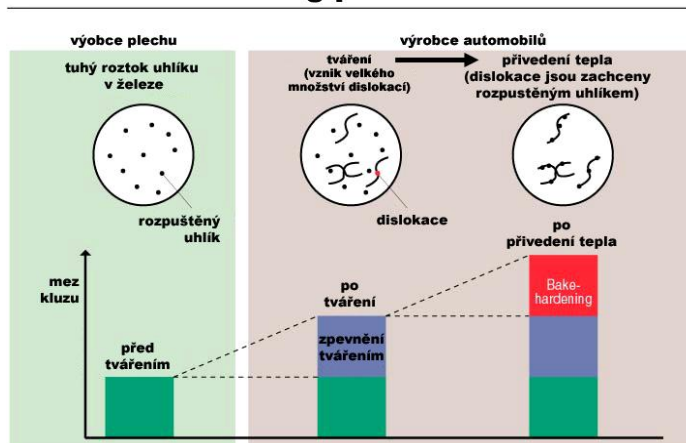
2.4.2. Zpevnění BH efektem

Bake Hardening neboli BH efekt je zpevnění materiálu, ke kterému dochází po tváření. Pro vznik BH efektu je nutné dodávat teplo ($T = 170\text{ }^{\circ}\text{C}$) po určitou dobu ($t = 20\text{ min}$), což má za následek zvýšení meze kluzu až o $40 - 70\text{ MPa}$ (obr. 2.2.). Principiálně se vlastně jedná o umělé stárnutí oceli. Jedinou podmínkou pro použití tohoto principu je přítomnost uhlíku ve formě tuhého roztoku i po válcování za tepla. Tento postup nedosahuje tak vysoké hlubokotažnosti, jelikož se nedaří po válcování za studena dosáhnout vhodné textury. Popis BH efektu je podrobně vysvětlen v literatuře [7].



Obr. 2.4.2.1.: Schématicky znázorňuje HB proces a vzestup meze kluzu

Bake Hardening proces



Obr. 2.4.2.2.: Proces BH efektu

2.4.3. Zpevnění tuhého roztoku

Tuhý roztok je chemicky homogenní směs dvou nebo více látek. Jsou-li prvky obsažené ve slitině dobře rozpustné i v tuhém stavu vznikne po ztuhnutí takového slitiny tuhý roztok. Tuhý roztok tvoří v heterogenních systémech homogenní oblasti a

jeví se jako jednofázová krystalická struktura. Tato homogenní struktura obsahuje v krystalické struktuře v atomové mřížce nejenom atomy základního kovu, nýbrž také atomy přídatného prvku.

Při tomto druhu zpevnění vytváří uhlík, fosfor, dusík, mangan či bór *intersticiální (mezerové) tuhé roztoky* (atomy přídatného prvku ukládají do mezer (dutin) krystalografické mřížky základního kovu) a *substituční tuhé roztoky* (vlastnosti atomů legujících prvků a základního kovu podobné, tudíž se mohou atomy základního kovu a přídatného prvku v atomové mřížce vzájemně zastupovat) tvoří např. nikl, mangan, chrom, křemík se železem, nebo zlato se stříbrem, měď s niklem ap. Deformace elementární mřížky základního kovu brání volnému pohybu dislokací, což způsobuje vlastní zpevnění materiálu. Intersticiální atomy více zvyšují pevnost ocelí než atomy substituční.

2.4.4. Zpevnění zjemněním zrna

Jedná se v podstatě o tzv. tepelně mechanické zpracování. Při tváření za studena dochází ke zvětšení hustoty dislokací, které se šíří na okraj zrn, kde se hromadí. Toto nahromadění způsobuje napětí, které vede ke zpevnění materiálu. U jemné struktury je zpevnění výraznější než u hrubé. Při hrubé struktuře je nutný velký počet dislokací, aby došlo k překročení kritické hodnoty napětí.

3. Zkoušky plechů

Cílem každého zkoušení je najít určité parametry zkoušeného materiálu a na základě jejich znalosti rozhodnout, zda tento materiál má vlastnosti požadované pro daný účel použití. Požadované parametry jsou předepsány příslušnými normami nebo podmínkami sjednanými mezi výrobcem a odběratelem.

Základní rozdělení zkoušek plechů

Zkoušky plechů lze rozdělit na zkoušky mechanické, technologické, chemické, metalografické, fyzikální a defektoskopické. Ze všech zkoušek plechů jsou nejvíce užívané zkoušky mechanické, protože poskytují základní hodnoty, jejichž znalost je pro konstruktéry a technology podmíněčně nutná.

Mechanické zkoušky plechů (a pásů) se dělí na:

Statické zkoušky

Zkoušky statické, u nichž klidně a postupně vzrůstající síla vyvolává deformaci. To se provádí buď tahem nebo ohybem. Samostatnou skupinu pak tvoří zkoušky tvrdosti.

Dynamické zkoušky

Zkoušky dynamické, které u tenkých pásů reprezentují zkoušky únavové, a to buď střídavým ohybem nebo pulsujícím tahem.

3.1. Statická zkouška tahem

Zkouška tahem je nejrozšířenější zkouškou pro hodnocení materiálů. Zkušební zařízení, vzorky i metodika vyhodnocení základních mechanických vlastností, které jsou užívány jako ukazatele tvářitelnosti tj. $R_{p0,2}$, R_m , A ,... jsou normalizovány dle příslušných norem. Podstata statické zkoušky tahem spočívá v natahování zkušební tyče předepsanou rychlostí, zpravidla do porušení. Účinkem působící síly F [N] vyvozené zkušebním strojem se zkušební tyč prodlužuje z původní měřené délky L_0 [mm] na $L_0 + \Delta L$ a současně se zmenšuje průřez S_0 [mm²] na S . Ve zkušební tyči tak vzniká skutečné napětí $\sigma = F/S$ [MPa].

$$(3.1.1)$$

Význam skutečného napětí je důležitý hlavně pro studium tvárných vlastností materiálu. V technické praxi udáváme tzv. smluvní jmenovité napětí R [MPa] přepočtené na původní průřez S_0 , tj.

$$R = F / S_0 \text{ [MPa]} .$$

$$(3.1.2.)$$

Při velmi malých poměrných deformacích ε [%], ($\varepsilon = \Delta L / L_0$) se pozoruje lineární závislost mezi σ a ε a vztah tzv. Hookův zákon.

$$\sigma = E \times \varepsilon$$

$$(3.1.3.)$$

Konstanta úměrnosti E se nazývá modul pružnosti v tahu. V této oblasti se materiál chová jako pružný a po odlehčení nabude původní délky L_0 .

Pro zkoušku tahem se používají tyče dle EN norem. Tvar, rozměr a mezní úchytky rozměru zkušebních tyčí předepisuje norma EN 10002-1 [8].

Ze zkoušky tahem se získají napět'ově-deformační charakteristiky zkoušeného materiálu a jeho základní normované mechanické vlastnosti:

Výrazná mez kluzu R_e

- napětí rovné podílu síly na horní mezi kluzu F_e (N) a počátečního průřezu zkušební tyče S_0 (mm²):

$$R_e = F_e / S_0$$

$$(3.1.4.)$$

Mez pevnosti R_m

- napětí rovné podílu maximální síly F_m (N) a počátečního průřezu zkušební tyče S_0 (mm²):
- napětí odpovídající největšímu zatížení síly F_{max}

$$R_m = F_m / S_0 \text{ [MPa]} \quad (3.1.5.)$$

Smluvní mez kluzu $R_{p0,2}$

- napětí rovné podílu síly $F_{p0,2}$ (N) a počátečního průřezu zkušební tyče S_0 (mm²), $F_{p0,2}$ (N) je síla na mezi kluzu u ocelí s nevýraznou mezí kluzu (není viditelná změna průběhu křivky)

$$R_{p0,2} = F_{p0,2} / S_0 \quad (3.1.6.)$$

- napětí při kterém po odlehčení nedojde k překročení předepsaného trvalého prodloužení nebo předepsaného trvalého prodloužení měřeného průtahoměrem, vyjádřený v procentech počáteční měřené délky L_0 nebo měřené délky průtahoměru L

Tažnost A_x

- trvalé prodloužení měřené délky po lomu ($L_u - L_0$), vyjádřené v procentech počáteční měřené délky L_0

$$A_x = \frac{L_u - L_0}{L_0} \cdot 100 [\%] \quad (3.1.7.)$$

kde: x – udává délku měřené oblasti
 L_u – délka zkušební tyčky po prodloužení
 L_0 – délka zkušební tyčky před zatěžováním

Kontrakce Z

- největší změna plochy příčného průřezu ke kterému došlo během zkoušky ($S_0 - S_u$), vyjádřená v procentech počáteční plochy příčného průřezu S_0

$$Z = \frac{S_0 - S_u}{S_0} \cdot 100 [\%] \quad (3.1.8.)$$

kde: S_0 – původní průřez vzorku před zatěžováním
 S_u – průřez vzorku po zatěžování

Exponent deformačního zpevnění n [5]

- je definován jako exponent skutečné deformace ve vztahu mezi skutečným napětím a skutečnou deformací (během jednoosého působení zatížení).

Určující hodnotou pro hodnocení exponentu deformačního zpevnění je směrově střední exponent deformačního zpevnění materiálu n_s

$$n_s = \frac{1}{4} \cdot (n_0 + 2 \cdot n_{45} + n_{90}) \quad (3.1.9.)$$

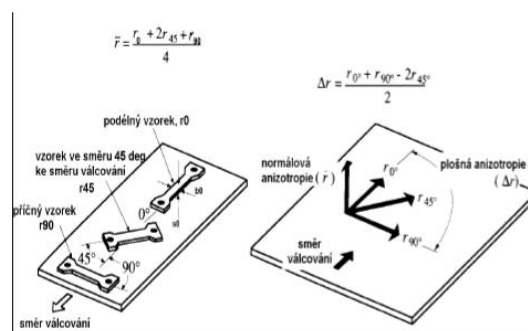
kde: n_s – směrově střední exponent zpevnění materiálu
 n_0, n_{45}, n_{90} – zjištěné exponenty deformačního zpevnění ve směrech 0°, 45°, 90° dle směru válcování

Čím je hodnota exponentu deformačního zpevnění větší, tím je lepší plastická vlastnost materiálu. Nachází-li se hodnota exponentu deformačního zpevnění v intervalu 0,215 až 0,250, materiál vykazuje dobré plastické vlastnosti. Převyšuje-li hodnota exponentu deformačního zpevnění hodnotu 0,250, materiál má výborné plastické vlastnosti [9].

Pomocí těchto charakteristik určíme základní mechanické vlastnosti kovů, které dávají informace o možnostech namáhání kovové součástí při jejím použití nebo jejím zpracování.

- **Koeficient normálové anizotropie r** [10]

Anizotropií se rozumí směrová nestejnomyšlnost mechanických vlastností v různých směrech souřadného systému. Při posuzování anizotropie se rozlišuje se *plošná* anizotropie (tj. v rovině plechu) a anizotropie *normálová* (ve směru tloušťky plechu).



Plošná anizotropie vyjadřuje nerovnost mechanických vlastností v rovině pásu, zjištěných v libovolném směru. Příslušné normy a někdy i praxe se omezují na posuzování mechanických vlastností jen ve dvou směrech, a to ve směru válcování a ve směru k němu kolmém, protože se obecně předpokládá, že mechanické vlastnosti jsou ve směru kolmém k válcování nejhorší, ve směru válcování nejlepší. To však nesouvisí se skutečností, neboť je zjištěno, že mechanické hodnoty jsou často nejhorší ve směru diagonálním, tj. ve směru 45° ke směru válcování. Nejvýraznější plošnou anizotropii vykazují mez kluzu $\Delta R_{p0,2}$, popř. ΔR_e , tažnost celková ΔA a koeficient normálové anizotropie Δr , která se vypočítá podle následujícího vztahu:

$$\Delta r = \frac{1}{2} [r_0 + r_{90} - 2r_{45}], \quad (3.1.10.)$$

kde za daným parametrem je udán úhel od směru válcování, ze kterého je daný parametr určován. Hodnota plošné anizotropie vypočítaná tímto způsobem může být kladná nebo záporná. Vypočítané hodnoty plošné anizotropie se získávají ve stejných jednotkách jako sledovaná veličina. Relativním porovnáním s hodnotou pro směr válcování je možné získat poměrný údaj, který znásobený stem udává anizotropii v procentech.

Normálová anizotropie popisuje rozdílné mechanické vlastnosti ve směru šířky a tloušťky materiálu. Hodnota koeficientu normálové anizotropie se mění se směrem odebrání vzorku k ose válcování, a proto je nutné tento směr označit, např. r_{45} značí, že koeficient normálové anizotropie je určen ze vzorku odebraného ze směru 45° k ose válcování. Je obecně známo, že u hlubokotažných ocelových materiálů je ve směru 45° hodnota koeficientu normálové anizotropie nižší než ve směru 0° a 90° .

Normálově izotropní materiál se chová stejně ve směru šířky i tloušťky, kdy je $r_0 = r_{90} = r_{45} = 1$. Materiál s r menším než 1 je pro hluboké tažení nevýhodný, protože se deformuje na úkor své tloušťky. Proto je vhodné vyrábět vždy materiál s koeficientem normálové anizotropie co největším.

Koeficient normálové anizotropie se dá definovat jako odolnost tenkého plechu proti ztenčení. Z praktického hlediska je pro hluboké tažení vhodnější, když je materiál ve směru tloušťky pevnější než ve směru šířky.

$$r_x = \frac{\ln \frac{b_1}{b_0}}{\ln \frac{s_1}{s_0}} \quad \text{kde: } \begin{array}{l} r - \text{normálová anizotropie} \\ x - \text{směr odebrání vzorků} \\ b_0 - \text{původní šířka [mm]} \\ b_1 - \text{šířka po deformaci [mm]} \\ s_0 - \text{původní tloušťka [mm]} \\ s_1 - \text{tloušťka po deformaci [mm]} \end{array} \quad (3.1.11.)$$

Materiál s r větším než 1 je pro hluboké tažení výhodnější, protože se deformuje více na úkor své šířky, materiál s r menším než 1 je pro hluboké tažení nevýhodný, protože se deformuje na úkor své tloušťky. Proto je vhodný vždy materiál s koeficientem normálové anizotropie co největším.

Určující hodnotou pro hodnocení normálové anizotropie se udává směrově střední koeficient normálové anizotropie \bar{r} :

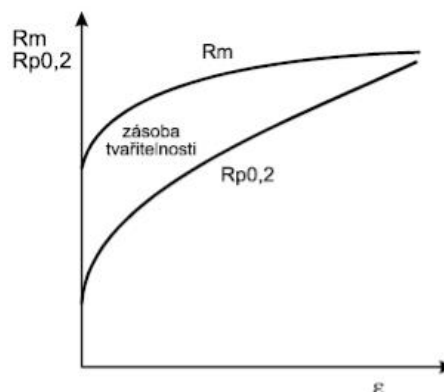
$$\bar{r} = \frac{1}{4} \cdot (r_0 + 2 \cdot r_{45} + r_{90}) \quad (3.1.12.)$$

kde: \bar{r} – směrově střední koeficient normálová anizotropie
 r_0, r_{45}, r_{90} – zjištěné koeficienty normálové anizotropie ve směrech $0^\circ, 45^\circ, 90^\circ$ dle směru válcování

Pro některé materiály mohou být vybrány jiné směry orientace zkušební tyče; v takových případech mohou být použity jiné vzorce než uvedené ve vzorci (3.1.11.) a (3.1.12.). Tyto vzorce musí být uvedeny ve zkušebním protokolu.

- **Poměr $R_{p0,2}/R_m$**

Tímto podílem se získává přehled o plastických vlastnostech materiálů. Nachází-li se poměr meze kluzu ku mezi pevnosti v rozmezí 0,55 až 0,65 materiál vykazuje vynikající plastické vlastnosti. Je-li poměr meze kluzu ku mezi pevnosti v rozmezí 0,65 až 0,75, plastické vlastnosti materiálu jsou horší.



Obr.3.1.13.: Poměr $R_{p0,2} / R_m$ jako ukazatel tváritelnosti

- **Zásoba plasticity ZP**

$$ZP = k \cdot (R_m - R_{p0,2}) \cdot A_x \quad (3.1.14.)$$

kde: k – koeficient zaplnění plochy

(kde $k = 2/3$ pro materiály s nevýraznou mezí kluzu,
 $k = 3/4$ pro materiály s výraznou mezí kluzu)

- **Komplexní ukazatel tváritelnosti KUT**

$$KUT = \frac{R_m}{R_{p0,2}} \cdot A_x \quad (3.1.15.)$$

3.2. Analýza stupně přetvoření materiálu po procesu tažení

Tradiční měřicí vybavení pro analýzu tváření na dílech z kovových plechů obvykle stanoví jednotlivé hodnoty a ty jsou často závislé na operátorovi (chyba lidského činitele). Oproti tomu, optický systém Argus dodá hodnoty nejen ve směru hlavního a vedlejšího napětí, redukci tloušťky, ale dokáže také vypočítat diagram mezních přetvoření.

ARGUS je navržen k měření deformací a redukci tloušťky v oblasti tváření kovů, určení kritických míst při zavádění nových procesů, a k měření tváritelnosti v oblasti lisování. Toto měření probíhá nezávisle na materiálu. Poskytuje plochy výsledků hlavních a vedlejších napětí deformací, redukci tloušťky a také zobrazení výsledků pomocí FLD. Tyto hodnoty lze přenést do 3D systému a též je možné tyto

hodnoty zobrazit na daném výlisku v prostoru. Vytváří přesné a rychlé měření malých i velkých kovových dílů.

Hlavní části tohoto zařízení jsou tvořeny snímací kamerou č.1, výpočetní stanicí č.2, pomocným zařízením pro manipulaci ze vzorkem č.3 (obr.3.2.1.).



Obr.3.2.1.: Hlavní části zařízení

Hlavní výhody této technologie:

- pokrytí a vizualizace kompletní části pro kvalifikované ověření numerických simulací jak i lepší porozumění tvářecího procesu
- pevný a rychlý měřicí proces (vyhodnocení) pro rychlé prozkoumání tvářené oblasti
- plně automatický výpočet, který garantuje vysokou úroveň konzistence a opakovatelné přesnosti nezávisle na operátorovi
- mobilita systému umožňuje měření dílů v různých oblastech

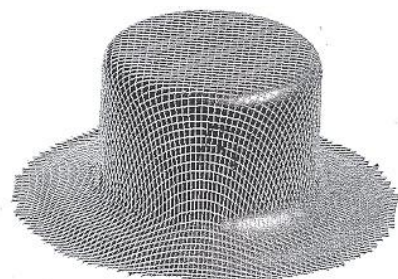
Tyto výhody jsou důvodem přijatelnosti jak v oblasti užití ocele a hliníku, tak i v automobilovém průmyslu.

3.2.1. Princip systému Argus [11]

Pro měření využívá systém Argus kruhových bodů, které jsou aplikovány na nepřetvořený plech pomocí originálních typických mřížek. Body jsou nanášeny např. elektrochemicky, laserově nebo potiskem. Nanesené body sledují deformaci během tvářecího procesu. Středy těchto bodů jsou používány k výpočtu analýzy deformace.

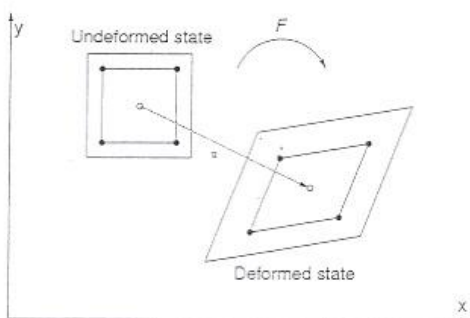
Potom je přetvořená část nasnímaná CCD kamerou z mnoha úhlů pohledů. Fotometrický algoritmus využije jednotlivých snímků k určení 3D koordinátu jednotlivých bodů sítě na přetvořeném materiálu. Povrch tvářeného plechu je popsán konečnou polohou bodů sítě po deformaci.

Systém není schopen načíst extrémně poničené body vlivem tváření. Systém však umí provést interpolaci těchto míst v nečitelných oblastech na základě koordinátů sousedních čitelných bodů (Obr. 3.2.1.1.)



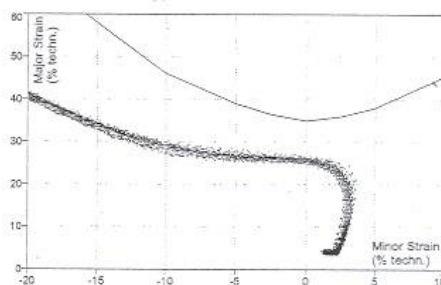
Obr. 3.2.1.1.: Vytvořená síťka po bodovém propočtu

Následně se vyhodnocuje pole originálních rozměrů vůči stavu po přetvoření a určí se směr hlavního a vedlejšího napětí (Obr. 3.2.1.2.:) v prostoru. Výsledky přetvoření lze zobrazit ve směru hlavního, vedlejšího napětí, případně redukci tloušťky na povrchu analyzované oblasti. Redukce tloušťky je přímo vypočtená na základě zachování objemu.



Obr. 3.2.1.2.: Diagram plošného přetvoření (změny polohy jednotlivých bodů)

FLD diagram (diagram mezních přetvoření) porovnává množinu nasnímaných bodů (zadané parametry stupně přetvoření) ve směru hlavních a vedlejších napětí – technické nebo logaritmické souřadnice s mezní křivkou charakterizující tvářený materiál (Obr. 3.2.1.3.).



Obr. 3.2.1.3.: Diagram plošného přetvoření (změny polohy jednotlivých bodů)

Přesné údaje lze získat pouze pro oblasti s konečným konvexním tvarem. Veškeré hodnoty jsou zobrazeny barevně na zjištěném tvaru po případě v FLD diagramu. Data zjištěná systémem lze použít pro výpočty v jiných systémech.

3.2.2. Aplikace

Ověření simulací při zapracování tvářecího náradí. Na základě výsledků lze doporučit postup při dalším zapracování náradí a to např. pro snižování či zvyšování účinnosti brzdících (tažných) lišt, zjištění kritických míst mimo předpokládaná kritická místa v simulaci.

3.2.3. Kompletní měření velkých dílů

Pro kompletní vyhodnocení velkých dílů je často nutné použít několika základních mřížek. Tyto mřížky musí být na základním plechu co nejbližší u sebe, ale nesmí docházet k překrytí sousedních mřížek. Pro vyhodnocení jednoho celého dílu je nutno dodržet to, aby díl byl nasnímán v rámci jednoho společného souřadného systému tvořeného kalibračními kameny a tyčinkami. Složitost dílu je určujícím faktorem pro množství snímků, které je nutno vytvořit z mnoha různých pohledů. Výsledek z jednotlivých mřížek lze spojit a vytvořit komplexní pohled na díl.

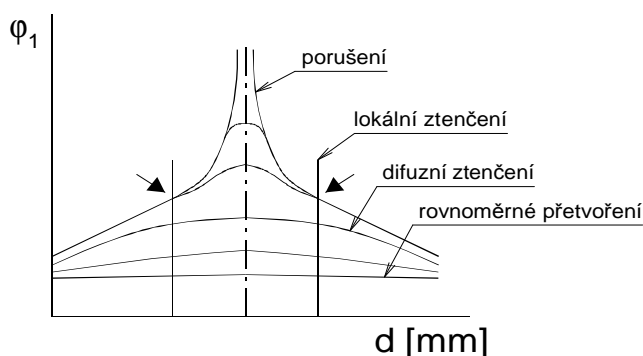
3.2.4. Diagramy mezního přetvoření [12], [13]

Mezní stavy přetvoření daného materiálu je možno vyjádřit za daných teplotně-rychlostních podmínek v závislosti na napjatosti. Pro sestavení diagramu mezního přetvoření se využívá hlavních kritických normálových přetvoření. Diagram mezních přetvoření lze pak vyjádřit jako závislost největšího přetvoření na nejmenším přetvoření v rovině plechu.

Na výlisku nelze přímo určit velikost napětí, lze však pomocí deformační sítě určit přetvoření v jednotlivých místech na výlisku. Velikost mezních deformací je dána plasticitou plechu a podmínkami zatěžování. Mezní stav lze definovat v rozmezí meze kluzu a okamžiku vzniku tvárného lomu. Oby tyto zvolené mezní stavy představují krajní hranice. Mezi těmito krajními mezemi se nalézají celá řada různých definovatelných mezních stavů. Určit dosažení meze kluzu u výlisku je obtížné, zatímco objeví-li se první trhliny, je naprosto evidentní. První případ může znamenat nevyužití plasticity materiálu a druhý případ znamená již neopravitelný zmetek. Pro reálné výlisky je však prakticky využitelné jen přetvoření realizované do okamžiku vzniku lokálního ztenčení.

Charakter rozložení přetvoření v okolí trhliny v různých fázích tažení je zřejmý z obr.

3.2.4.1..



Obr. 3.2.4.1.: Charakter rozložení přetvoření φ_1 v okolí trhliny

4. Technologie tažení

Ocelový plech je v současné době nadále nejrozšířenějším materiálem. Je možné z něho vyrábět tvarově složité, dostatečně tuhé součástky s nízkou hmotností. Výroba takových součástek se provádí převážně tažením a následujícími operacemi, jako jsou stříhání, ohýbání atd.

Proces tažení je technologický způsob tváření, při kterém se jedním a nebo několika tahy vyrobí z rovného plechu dutá, tvarově symetrická nebo nesymetrická tělesa.

Podle tvaru výlisku můžeme proces tažení dělit na tažení mělké a hluboké, tažení bez a se ztenčením stěny, tažení rotačních a nerotačních tvarů a dále tažení nepravidelných tvarů (tzv. karosářské výlisky) [12], [15].

Hloubka výtažku v konkrétním místě je daná napětím a deformačním stavem vznikajícím při tažení v daném místě výtažku. Napětí a přetvoření se v průběhu tažení mění a jsou závislá na tvaru výlisku, tvaru přístřihu, nástroji a podmínkách tažení. Změna hloubky by neměla překročit hodnotu odpovídající rovnoměrné plastické deformaci.

Při samotném tažení je výsledek technologického procesu závislý nejen na vlastnostech zpracovaného materiálu, a na tažném nástroji (geometrie tažného nástroje). Proces tažení ovlivňují také např. třecí podmínky a přidržovací tlak.

Podle složitosti výlisku se odvozuje složitý tvar tažníku, tažnice a přidržovače. Na lisovaném díle jsou napjatost a deformace rozloženy nerovnoměrně. Při výrobě složitého karosářského dílu většinou nedochází pouze k jednomu přetvoření, ale ke komplexnímu přetvoření. Mezi tato přetvoření patří např. hluboké tažení, vypínání, ohýbání a rovnání. Přehled jednotlivých stavů napjatosti, uplatňujících se v tváření plechů je uveden v literatuře [12].

5. Experimentální část

Náplní této bakalářské práce je prozkoumání vlastností nového materiálu u jednoho ze složitějších karosářských dílů pro „páté vnitřní dveře Škody Octavie A5“. Použitým materiálem pro tento díl je žárově pozinkovaný plech o jmenovité tloušťce 0,8 mm a odpovídající jakosti DX56D+Z100 MBO NIT dle normy EN 10 327 [14]. Díl se v současné době vyrábí z žárově pozinkovaného plechu s odpovídající jakostí DX56D+Z100 MBO.

Cílem této práce je zjistit základní mechanické vlastnosti testovaného materiálu a zjistit deformace ve zvolených místech výlisku.

5.1. Zavedené značení dílů ve Škoda Auto a.s.

Souhrnná data o každém dílu, který je připraven pro zavedení do sériové výroby, jsou obsažena v tzv. **kmenové kartě**. Zde jsou uvedeny všechny důležité informace o konkrétním díle.

Vnitřnímu plechu pátých dveří Octavie A5 přísluší kmenová karta s číslem 290 – A5 [16]. Převzaté údaje z této kmenové karty jsou uvedeny v tabulce (Tab. 5.1.1.):

Tab. 5.1.1. : Vybrané vlastnosti materiálu dle kmenové karty

číslo kmenové karty	název dílu		číslo dílu	číslo materiálu	
xxx	Vnitř. plech zadního víka		xxx	xxx	
předpis materiálu	tloušťka	šířka	krok	tolerance	hmotnost
EN 10142	[mm]	[mm]	[mm]		[kg/ks]
DX56D+Z100-MBO NIT	0,80 + 0,07 -0,02	1550	1640	EN 10 143	16,67
omezení	mez kluzu	pevnost v tahu		tažnost	poměr
	max. $R_{p0,2}$	R_m		A_{80}	$R_{p0,2}/R_m$
	175 MPa	---		min 43%	---
strana	vnější	vnitřní	použití	tváření	požadavky
razítko		x			na povrch
kontrolovaná stana		x	vnitřní díl	nejtěžší	vysoké
povlak	x	x	viditelný		

Další tabulka (Tab. 5.1.2.) doplňuje informace o nárocích na povrch plechu, možnosti mazacích prostředků aj.:

Tab. 5.1.2.: Tabulka doplňujících informací

strana	vnější				vnitřní			
konzervace	1. Anticorit PL 3802 – 39 S, 0,8 - 1,2 g/m ²							
	2. Aniticorit RP 4107 S, 0,8 – 1,2 g/m ²							
	3. Multidraw PL 61, 0,8 – 1,2 g/m ²							
typ povrchu/drsnost	SBT, EDT	Ra	1,1 - 1,6	μm	SBT, EDT	Ra	1,1 - 1,6	μm
		Pc	> 40	1/cm		Pc	> 40	1/cm
	PRETEX	Ra	1,1 - 1,6	μm	PRETEX	Ra	1,1 - 1,6	μm
	EBT	Pc	≥ 40	1/cm	EBT	Pc	≥ 40	1/cm

Pro úplnost je význam charakteristiky označení proveden i v této části. Značení jakosti materiálu DX56D + Z 100 MBO + NIT popisuje [14], [17]:

DX56D – „katalogové“ označení materiálu – jedná se o žárově pokovený plech vysoké jakosti s přesně definovaným postupem výroby. Žárové pokovení je nanesení zinkového povlaku ponořením patřičně upravených výrobků do roztaveného zinku; v daném případě se žárově zinkuje spojitým pochodem ocelový široký pás; obsah Zn v lázni musí být minimálně 99%.

Z 100 – značí tloušťku Zn vrstvy, v tomto případě značí vrstvu 100g/m^2 na obou stranách

M – provedení povlaku: malý Zn květ, povrch vykazuje malý zinkový květ na základě řízení procesu tuhnutí. Toto provedení se využívá tehdy, když obvyklý zinkový květ nesplňuje nároky na vzhled povrchu

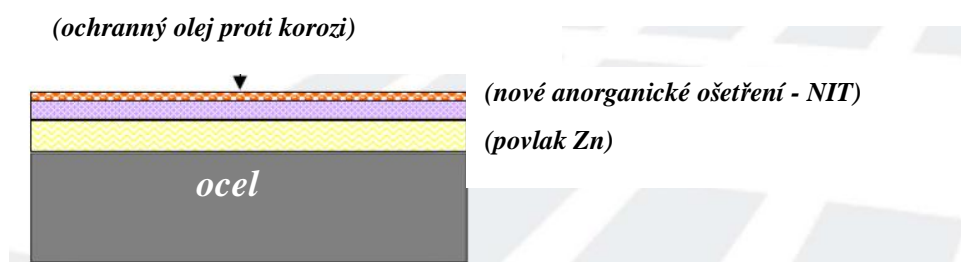
B – jakost povlaku: povrch zlepšené jakosti; jakosti povrchu „B“ se dosáhne převálcováním za studena, u toho povrchu jsou v malém rozsahu dovoleny nedokonalosti jako drobné podélné trhliny, otlaky, rýhy, vtisky, struktura zinkového plechu, stečený zinek a malé vady po pasivaci, na povrchu nesmí být puchýře

O – povrchová úprava (ochrana povrchu): Olejování, výrobce obvykle provede na žárově pozinkovaných plechých výrobcích ochranu, která snižuje nebezpečí předčasné oxidace povrchu, olejová vrstva musí být odstranitelná vhodným zinkem chránícím odmašťovacím rozpouštěcím prostředkem

NIT - velmi tenká, s povrchem chemicky nesvázaná vrstva sirných solí, která se v lázni v předúpravách (v lakovně) smyje, pomocí NIT vrstvy dochází ke snížení otěrů zinkové vrstvy [18], [19], [20], [21]

Výhody - nesmyvatelné organickými látkami

Nevýhoda - problematické lepení – zvláště u některých epoxidových lepidel, je závisle na tloušťce vrstvy



Váha vsazené vrstvy na S: cca 20 mg/m^2

5.2. Příprava vzorků

Pro tuto práci bylo potřeba připravit celkem 3 sady vzorků od obou plechů. Jednalo se o vzorky pro měření drsnosti, tahovou zkoušku (trhačku) a analýzu přetvoření. Materiály pro provedení testů byly odebrány z náhodného místa ze svitku 5624247 (NIT) a 516883 (bez NIT), při průchodu nástřihovou linkou ve firmě Škoda Auto a.s.. Materiálové hodnoty jsou uvedeny v materiálové průvodce (viz. tab. 5.2.1. a tab. 5.2.2.).

Tab. 5.2.1.: Materiálová průvodka
svitku 5624247

Materiálová průvodka	
Číslo svitku	5624247
Datum uskladnění svitku	27.4.2006
Jakost	DX56D Z100 MBO NIT
Název dodavatele	Sollac
Kód dodavatele	379182
Skladové číslo	
Množství (kg)	
Materiálové číslo	
Den nástřihu	12.5.2006
Číslo dílu	
Pořadí dodávky	
Název dílu	Vnitřní plech 5. dveří
Č. dílu	

Tab. 5.2.2.: Materiálová průvodka
svitku 516883

Materiálová průvodka	
Číslo svitku	516883
Datum uskladnění svitku	24.4.2006
Jakost	DX56D Z100 MBO
Název dodavatele	Voest
Kód dodavatele	24770
Skladové číslo	
Množství (kg)	
Materiálové číslo	
Den nástřihu	11.5.2006
Číslo dílu	
Pořadí dodávky	
Název dílu	Vnitřní plech 5. dveří
Č. dílu	

6. Měření drsnosti povrchu materiálu

Parametry drsnosti jsou důležitou charakteristikou lisovaného materiálu. Určuje totiž schopnost udržení mazacího média mezi dílem, tažnicí a tažníkem a jeho rozprostření do plochy v průběhu lisování. Povrch s neodpovídající drsností může vést k výskytu prasklin na výlisku či jeho zadírání. Je nutné si uvědomit, že jak mezi plechem a tažnicí tak i mezi plechem a tažníkem se vyskytuje rozdílné tření. Drsnost

je také důležitým ukazatelem pro nanášení lakových vrstev na karoserii - aby byly stejnoměrné, aby lak držel a netvořily se matové plochy nebo jiné odstíny. Drsnost je jediný parametr, který lze dosud na plechu provozně měřit a zajistit. Pro srovnání výsledků měření je v tomto případě rozhodující empiricky zjištěný interval hodnot uvedený v kmenové kartě dílu.

6.1. Popis měřícího zařízení

Pro měření drsnosti povrchu plechu se použil moderní drsnoměr PERTHOMETER M4Pi, který je vidět na Obr. 6.1.1.. Tento přístroj je přizpůsoben pro měření drsnosti, vlnitosti a parametru profilu plechu podle norem DIN, ISO, JIS.



Obr. 6.1.1. Drsnoměr Perthometer M4Pi

6.2. Průběh měření

Pohybem snímače se získá dvojdimenzionální profil jako obraz povrchu. Filtrací podle DIN EN ISO 11562 se z nefiltrovaného primárního profilu získá profil drsnosti a vlnitosti. Přístroj provádí měření v šesti cyklech, z nichž se jeden (s největším rozptylem hodnot) automaticky odfiltruje. Výsledkem jsou potom průměrné hodnoty zjištěné z pěti nezávislých cyklů.

Měření drsnosti povrchu bylo provedeno na vodorovné desce. Povrch plechu se nejprve odmastil pomocí přípravku ve spreji TechoSol a následně očistil jemnou tkaninou. Poté se přiložil měřící snímač na povrch plechu ve směru kolmém vůči směru válcování. V obou případech byly provedeny tři měření drsnosti povrchu na vnější a tři na vnitřní straně plechu.

6.3. Výsledky měření

VNĚJŠÍ STRANA PLECHU S NIT:

Měření 1)

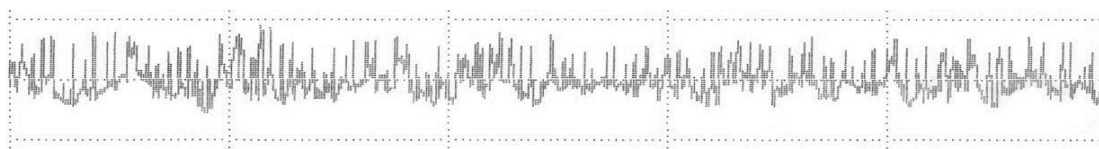
PERTHOMETER M4Pi			
DAT.			
OBJ.			
#			
R _a	1.13	μm	
R _z	6.48	μm	
R _{MAX}	7.01	μm	
P _C	(0,50)	84	/C

Měření 2)

PERTHOMETER M4Pi			
DAT.			
OBJ.			
#			
R _a	1.20	μm	
R _z	7.02	μm	
R _{MAX}	8.53	μm	
P _C	(0,50)	82	/C

Měření 3)

PERTHOMETER M4Pi			
DAT.			
OBJ.			
#			
R _a	1.11	μm	
R _z	6.38	μm	
R _{MAX}	7.10	μm	
P _C	(0,50)	79	/C



Graf.: 6.4.1. : Profil vnitřní strany plechu

VNITŘNÍ STRANA PLECHU S NIT:

Měření 1)

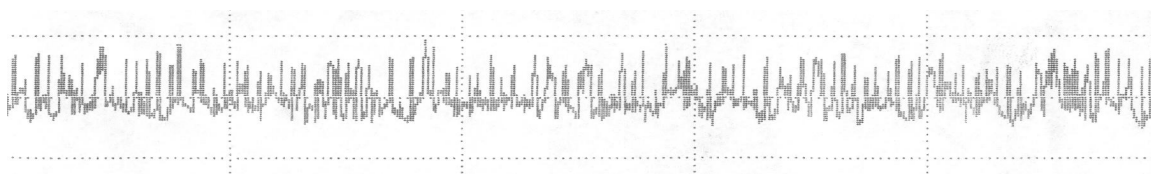
PERTHOMETER M4Pi			
DAT.			
OBJ.			
#			
R _a	1.19	μm	
R _z	7.10	μm	
R _{MAX}	7.68	μm	
P _C	(0,50)	76	/C

Měření 2)

PERTHOMETER M4Pi			
DAT.			
OBJ.			
#			
R _a	1.19	μm	
R _z	7.63	μm	
R _{MAX}	9.59	μm	
P _C	(0,50)	80	/C

Měření 3)

PERTHOMETER M4Pi			
DAT.			
OBJ.			
#			
R _a	1.12	μm	
R _z	6.40	μm	
R _{MAX}	6.79	μm	
P _C	(0,50)	82	/C



Graf.: 6.4.2. : Profil vnitřní strany plechu

VNĚJŠÍ STRANA PLECHU BEZ NIT:

Měření 1)

Měření 2)

Měření 3)

PERTHOMETER M4Pi			
DAT.			
OBJ.			
#			
R _a	1.14	μm	
R _z	6.72	μm	
R _{MAX}	7.12	μm	
Pc	(0,50)	84	/C

PERTHOMETER M4Pi			
DAT.			
OBJ.			
#			
R _a	1.15	μm	
R _z	6.78	μm	
R _{MAX}	7.30	μm	
Pc	(0,50)	80	/C

PERTHOMETER M4Pi			
DAT.			
OBJ.			
#			
R _a	1.17	μm	
R _z	7.06	μm	
R _{MAX}	7.71	μm	
Pc	(0,50)	85	/C



Graf.: 6.4.3. : Profil vnější strany plechu

VNITŘNÍ STRANA PLECHU BEZ NIT:

Měření 1)

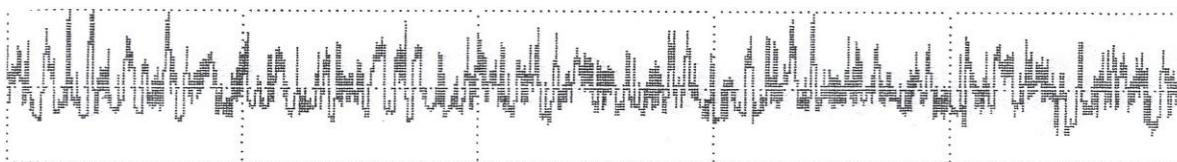
Měření 2)

Měření 3)

PERTHOMETER M4Pi			
DAT.			
OBJ.			
#			
R _a	1.22	μm	
R _z	7.15	μm	
R _{MAX}	8.07	μm	
Pc	(0,50)	78	/C

PERTHOMETER M4Pi			
DAT.			
OBJ.			
#			
R _a	1.18	μm	
R _z	6.68	μm	
R _{MAX}	7.21	μm	
Pc	(0,50)	82	/C

PERTHOMETER M4Pi			
DAT.			
OBJ.			
#			
R _a	1.14	μm	
R _z	7.29	μm	
R _{MAX}	8.24	μm	
Pc	(0,50)	90	/C



Graf.: 6.4.4. : Profil vnitřní strany plechu

Grafy 6.4.1., 6.4.2., 6.4.3. a 6.4.4. zaznamenávají grafické vyjádření výsledků měření při výstupu z měřicího zařízení.

Z měřených výsledků lze velmi snadno získat průměrné hodnoty (viz. tab. 6.4.5.) :

Tab. 6.4.5. Průměrná drsnost testovaného materiálu

Zjišťované veličiny	Vnitřní strana		Vnější strana	
	NIT	bez NIT	NIT	Bez NIT
$R_a [\mu\text{m}]$	1,16	1,18	1,14	1,15
$R_z [\mu\text{m}]$	7,04	7,04	6,92	6,85
$P_c [\text{cm}^{-1}]$	79	83	79	81

6.4. Vyhodnocení výsledků

Výsledky průměrných hodnot souvisejí s požadavky na drsnost uvedenými v kmenové kartě na hranici tolerance. Lisovacího procesu se účastní oba povrchy stejnou měrou. To znamená, že obě strany musí odpovídat předpisům.

Pro porovnání vhodnosti materiálu z hlediska drsnosti povrchu se naměřené drsnosti povrchu porovnají s předepsanými podle kmenové karty. Dle kmenové karty by se střední aritmetická hodnota drsnosti R_a měla pohybovat v intervalu od 1,1 μm až do 1,6 μm a počet výstupků by mělo být větší jak 40 cm^{-1} .

Z naměřených výsledků je zřejmé, že oba materiály splňují požadovaná kritéria dané kmenovou kartou.

7. Provedení zkoušky tahem

Statická zkouška tahem je stále považována za nejspolehlivější zkoušku k vyhodnocení mechanických vlastností materiálu. Z hodnot měřených při tahové zkoušce lze odvodit celou řadu významných parametrů a kombinovaných ukazatelů. Nejvýznamnější z nich jako např. tažnost A_{80} , koeficient normálové anizotropie a exponent deformačního zpevnění jsou dány normou [8].

7.1. Popis zkušebního zařízení

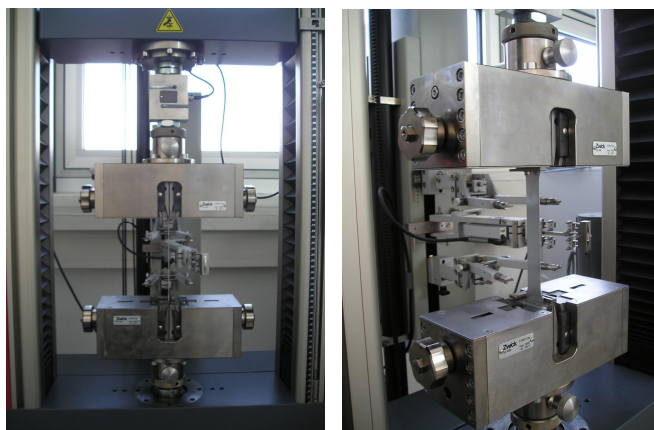
K realizaci zkoušky tahem a zjištění mechanických vlastností vzorků byl použit trhací stroj Zwick - typ Allround Z100/TL3A (obr. 7.1.1., 7.1.2., 7.1.3.), který je ve ŠKODA AUTO běžně využíván k podobným úkolům.

Některé důležité technické údaje:

Ø jmenovité zatížení	100 kN
Ø rychlost přičníku	0,001 – 200 mm/min
Ø rozlišovací úroveň systému	0,0087 μm
Ø frekvence přenosu dat	50 Hz
Ø nutné příslušenství	software Zwick



Obr. 7.1.1.: Trhací stroj ZWICK



Obr. 7.1.2., 7.1.3.: Detailní uchycení zkušební tyčky

7.2. Průběh zkoušky

Zkušební tyče byly odebrány ve směrech 0° , 45° , 90° vůči směru válcování. Tvar a rozměry zkušebních tyčí jsou v souladu s normou [8]. Každá zkušební tyč byla ještě jednou zvlášť prohlédnuta a její tloušťka přeměřena digitálním posuvným měřidlem MituToyo, které měří s přesností 0,01 mm.

Zkouška tahem byla provedena na stroji Zwick. Vlastní průběh zkoušky byl zaznamenáván a průběžně vyhodnocován počítačem. Programové vybavení v připojeném počítači vyhodnocuje všechny základní charakteristiky (E , $R_{p0,2}$, R_m , A_g , A_{80} , n , r). Součinitel normálové anizotropie r byl stanoven v souladu s [8] v intervalu deformací $\varepsilon = 10\%$ až 20% .

Hodnoty materiálových charakteristik, zjištěné výše popsaným způsobem, byly zpracovány do tabulek (tab: 7.3.1.- 7.3.8.)

7.3. Výsledky tahové zkoušky

Naměřené mechanické hodnoty plechu o jakosti DX56D+Z100 MBO NIT

Tab. 7.3.1.: Základní materiálové charakteristiky materiálu

směr	č. zk.	E modul [kN/mm ²]	R _{p0,2} [MPa]	R _m [MPa]	A _g [%]	A ₈₀ [%]	n [-]	r [-]
90°	1	202,4	163	303	26,1	47,7	0,239	2,28
	2	183,7	165	304	25,9	49,0	0,238	2,23
	3	187,4	163	303	25,6	46,9	0,239	2,28
45°	4	198,4	164	312	25,5	45,4	0,237	1,65
	5	193,2	164	312	25,7	45,2	0,236	1,64
	6	189,6	162	311	25,6	40,9	0,236	1,63
0°	7	133,0	163	309	25,8	44,1	0,239	1,80
	8	180,8	158	306	27,0	50,8	0,241	1,82
	9	186,3	158	306	26,3	45,1	0,242	1,87

Tab. 7.3.2.: Statistické výsledky zkušebních tyčí odebraných v 90°

90°	S ₀ [mm ²]	E modul [kN/mm ²]	R _{p0,2} [MPa]	R _m [MPa]	A _g [%]	A ₈₀ [%]	n [-]	r [-]
n ₉₀ = 3								
x	16,01	191,2	163	303	25,9	47,9	0,239	2,26
min.	16,01	183,7	163	303	25,6	46,9	0,238	2,23
max.	16,01	202,4	165	304	26,1	49,0	0,239	2,28
s	0,00	9,9	1,00	0,0	0,20	1,00	0,00	0,03

Tab. 7.3.3.: Statistické výsledky zkušebních tyčí odebraných v 45°

45°	S ₀ [mm ²]	E modul [kN/mm ²]	R _{p0,2} [MPa]	R _m [MPa]	A _g [%]	A ₈₀ [%]	n [-]	r [-]
n ₄₅ = 3								
x	16,01	193,8	163	311	25,6	43,8	0,236	1,64
min.	16,01	189,8	162	311	25,5	40,9	0,236	1,63
max.	16,01	198,4	164	312	25,7	45,4	0,237	1,65
s	0,00	4,4	1,00	1,00	0,10	2,50	0,00	0,01

Tab. 7.3.4.: Statistické výsledky zkušebních tyčí odebraných v 0°

90°	S ₀ [mm ²]	E modul [kN/mm ²]	R _{p0,2} [MPa]	R _m [MPa]	A _g [%]	A ₈₀ [%]	n [-]	r [-]
n ₀ = 3								
x	16,01	166,7	160	307	26,3	46,7	0,241	1,83
min.	16,01	133,0	158	306	25,8	44,1	0,239	1,80
max.	16,01	186,3	163	309	27,0	50,8	0,242	1,87
s	0,00	29,3	3,00	2,00	0,60	3,60	0,002	0,04

Naměřené mechanické hodnoty plechu o jakosti DX56D+Z100 MBO NIT

Tab. 7.3.5.: Základní materiálové charakteristiky materiálu

směr	č. zk.	E modul [kN/mm ²]	R _{p0,2} [MPa]	R _m [MPa]	A _g [%]	A ₈₀ [%]	n [-]	r [-]
90°	1	205,9	165	302	25,4	43,9	0,237	2,15
	2	214,1	167	305	25,5	45,6	0,235	2,16
	3	208,3	166	304	25,8	46,1	0,237	2,15
45°	4	167,0	166	310	25,5	45,2	0,235	1,62
	5	170,6	166	310	25,1	45,2	0,234	1,60
	6	185,6	167	311	25,0	42,1	0,234	1,56
0°	7	171,4	162	308	26,2	49,1	0,240	1,82
	8	180,0	160	307	26,3	46,7	0,241	1,84
	9	182,5	158	306	26,2	45,9	0,243	1,82

Tab. 7.3.6.: Statistické výsledky zkušebních tyčí odebraných v 90°

90°	S ₀ [mm ²]	E modul [kN/mm ²]	R _{p0,2} [MPa]	R _m [MPa]	A _g [%]	A ₈₀ [%]	n [-]	r [-]
n ₉₀ = 3								
x	16,01	209,4	166	304	25,5	45,2	0,236	2,15
min.	16,01	205,9	165	302	25,4	43,9	0,235	2,15
max.	16,01	214,1	167	305	25,8	46,1	0,237	2,16
s	0,00	4,2	1	1	0,2	1,2	0,001	0,01

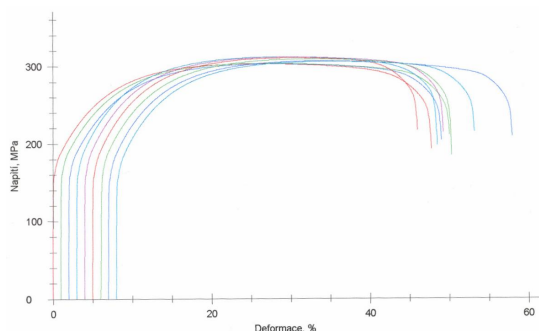
Tab. 7.3.7.: Statistické výsledky zkušebních tyčí odebraných v 45°

45°	S ₀ [mm ²]	E modul [kN/mm ²]	R _{p0,2} [MPa]	R _m [MPa]	A _g [%]	A ₈₀ [%]	n [-]	r [-]
n ₄₅ = 3								
x	16,01	174,4	166	310	25,2	43,1	0,234	1,59
min.	16,01	167,0	166	310	25,0	42,1	0,234	1,56
max.	16,01	185,6	167	311	25,5	45,2	0,235	1,62
s	0,00	9,9	1	1	0,3	1,8	0,001	0,03

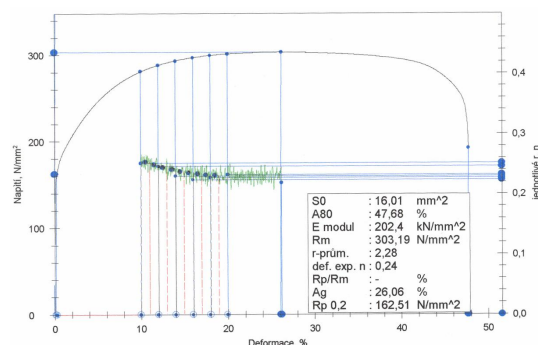
Tab. 7.3.8.: Statistické výsledky zkušebních tyčí odebraných v 0°

0°	S ₀ [mm ²]	E modul [kN/mm ²]	R _{p0,2} [MPa]	R _m [MPa]	A _g [%]	A ₈₀ [%]	n [-]	r [-]
n ₀ = 3								
x	16,01	177,9	160	307	26,2	47,2	0,241	1,83
min.	16,01	171,4	158	306	26,2	45,9	0,240	1,82
max.	16,01	182,5	162	308	26,3	49,1	0,243	1,84
s	0,00	5,8	2	1	0,01	1,6	0,001	0,01

Výsledky statické zkoušky tahem byly doprovázeny grafickým vyjádřením. Tahový diagram byl vypracován pro každou zkušební tyč. Zde je názorně uvedeno komplexní zpracování všech zkoušek v jednom grafu (graf 7.3.9.) pro materiál s odpovídající jakostí DX56D+Z100 MBO NIT a pro názornost také tahový diagram první provedené zkoušky (graf 7.3.10.) téhož materiálu, viz tab. 7.3.2.. Všechny jednotlivé pracovní diagramy jsou potom uvedeny v příloze a to v barevném provedení.



Graf 7.3.9.: Kompletní soubor zkoušek shrnutý v jednom pracovním diagramu



Graf 7.3.10.: Pracovní diagram první zkoušky (1. část nástřihu, 90°)

7.4. Vyhodnocení výsledků

Aby byl materiál vhodný k tvářecím operacím, musí mít své mechanické charakteristiky co nejvíce uprostřed hodnot povolených příslušnou normou. A to nejlépe v co největším rozsahu zkoušek bez výrazných výkyvů.

Porovnání zjištěných mechanických hodnot (Tab. 7.3.2.) a (Tab. 7.3.6.) s hodnotami požadovanými normou [22] je uvedeno v tabulce (Tab. 7.4.1.).

Tab. 7.4.1.: Porovnání zjištěných mechanických hodnot s normou

DXD56D+Z	zkouška NIT	zkouška bez NIT	norma
$R_{p0,2}$ [MPa]	163	166	120 - 180
R_m [MPa]	303	304	260 - 350
A_{80} [%]	47,9	45,2	min 43
r_{90}	2,28	2,15	min 1,9
n_{90}	0,239	0,236	min 0,21

Hodnoty pevnostních charakteristik $R_{p0,2}$ a R_m jsou u obou materiálů v požadované toleranci. Obě tyto veličiny je tedy možno považovat za vyhovující. Výsledky koeficientů normálové anizotropie ($r > 1$ – pro hluboké tažení výhodnější) a exponentů deformačního zpevnění (vyjadřují schopnost daného materiálu odolávat

nerovnoměrné deformaci při tahu) jsou dle normy také u obou zkoušených materiálů dobré pro lisování.

Při porovnání naměřených mechanických hodnot s hodnotami uvedenými v kmenové kartě [16] je patrné, že testované materiály splňují dané podmínky a jsou podobné.

8. Analýza deformace výlisku

Pro měření oblastí výlisků „vnitřního plechu pátých dveří Octavie A5“ byl použit systém ARGUS (statický nástroj deformační analýzy) od společnosti GOM, pomocí kterého se provedlo nasnímkování předem upraveného výlisku.

Analýza spočívá v následujících krocích:

- osíťování materiálu v předem určených oblastech
- nasnímkování oblastí po přetvoření materiálu (pro snímkování byla použita digitální kamera s rozlišením 4 MPx)
- počítačové vyhodnocení daných oblastí (pomocí detektovaných bodů byly následně v programu vyhodnoceny hlavní a vedlejší deformace)
- vytvoření vlastní prezentace, výběr jednotlivých reportů pro kritická místa (graf průběhu řezů, FLD diagram ...)

8.1. Popis zkušebního zařízení

Systém Argus je bezkontaktní optický systém pro měření 3D deformací plechů při lisovacím procesu. Je využitelný při ověřování a optimalizaci simulací tažení plechů, optimalizaci procesů tváření, detekci oblastí s kritickou deformací a tím při optimalizaci lisovacích nástrojů.

ARGUS 4M (rozlišení kamery 4280 x 2840 Pixel)

je vzhledem k vyššímu rozlišení CCD čipu vhodný pro měření velkých objektů nebo pro měření detailů. Rozlišení CCD čipu je 4 000 000 bodů.

Měřicí přístroj ARGUS 4M obsahuje:

- Argus – měřicí hlava s rozlišitelností 4 Mil. Pixelů
- PC měřicí a vyhodnocovací systém
- Argus software
- Další příslušenství

8.2. Průběh zkoušky

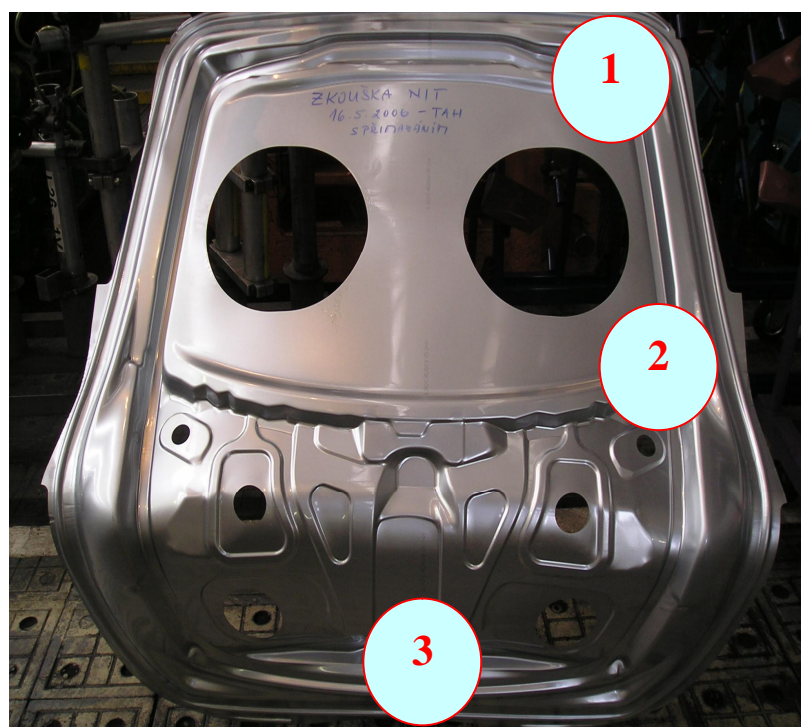
Na zkušební nástřihy je elektrochemicky vyleptána mřížka bodů (deformační síť). Pro zhotovení deformační sítě byla použita maska sítě bodů pro elektrochemické naleptání, která má rozměry 400 x 280 mm, rastr sítě je 2 mm (rozestup od středu bodů) a průměr černých bodů je 1 mm.

Na očištěný nástřih se položí síť (šablona) a na něj se přiloží plstěná podložka nasáklá vhodným elektrolytem. Při přímém průchodu elektrického proudu elektrolytem mezi plechem a sítí dochází k vytvoření obrazu sítě. Soubor pomůcek a zařízení pro vytvoření deformační sítě na povrchu nástřihu se skládá ze zdroje elektrického proudu, vhodných elektrod, příslušných šablon s obrazem sítě, plstěné podložky, specifických elektrolytů v závislosti na zkoušeném materiálu a dalších pomocných roztoků.

Pro analýzu plechů byly nástřihy osítovány přímo v lisovně Škoda Auto. Síť byla nanášena pouze na vybrané oblasti zajímavé z hlediska přetvoření.

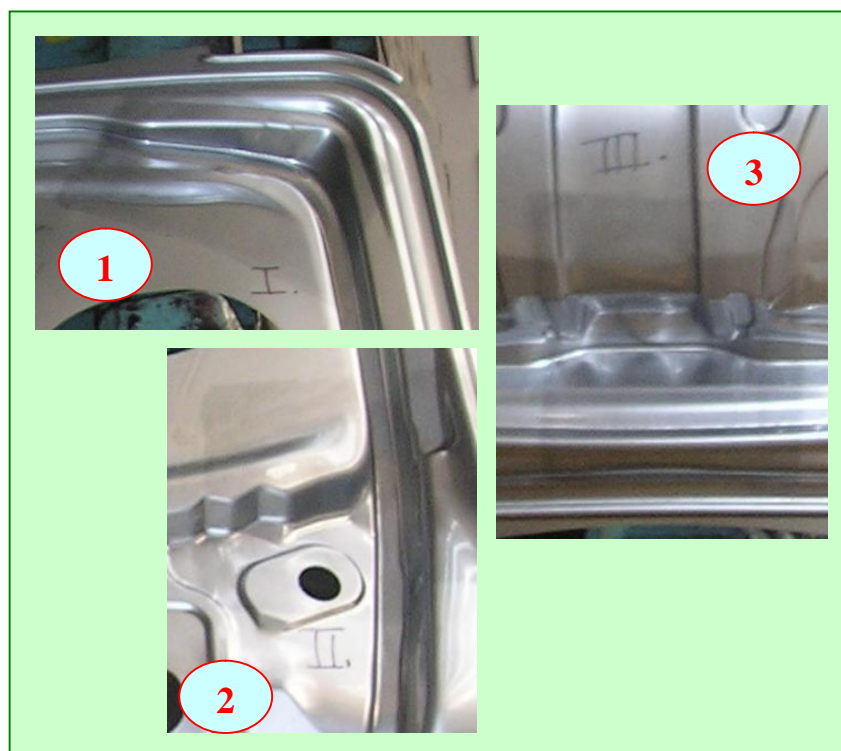
Na obou výsliscích se provedlo osítování ve třech shodných oblastech. Tvar výlisku pro „páté dveře Octavia A5“ po prvním tahu je vidět na obrázku (obr. 8.2.1.), kde jsou znázorněny měřená místa výlisku.

Během procesu lisování se pravidelně nanosená síť bodů deformuje společně s lisovaným vzorkem plechu.



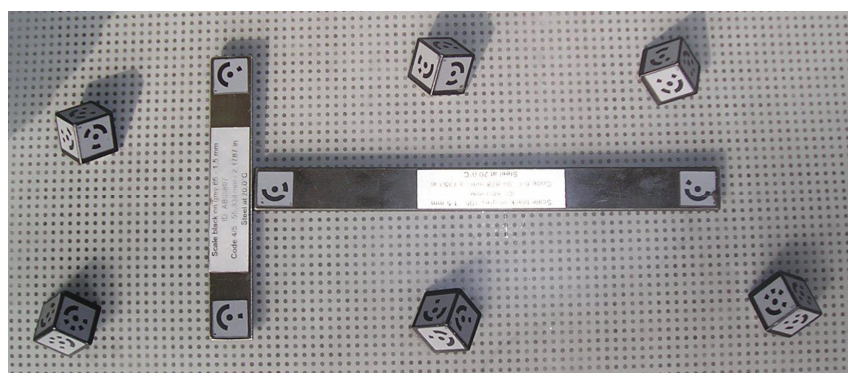
Obr. 8.2.1.: Tahová zkouška pátých dveří Octavie A5 a znázornění měřených míst na výlisku

Po vylisování dílů bylo nutné vystříhnout výřezy jednotlivých sledovaných oblastí pomocí tvarových vyklepávacích nůžek. Jednotlivé osíťované oblasti (vzorky), které se použijí pro analýzu deformace výlisků, jsou znázorněny na obr. 8.2.2.



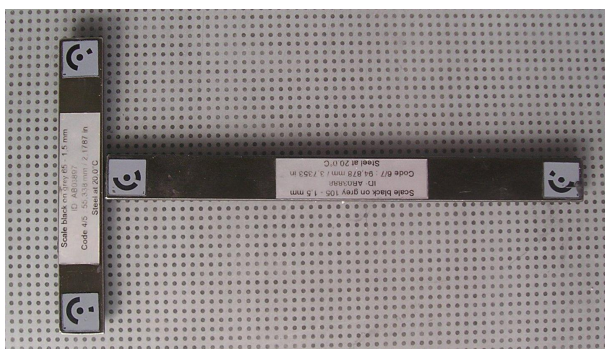
Obr. 8.2.2.: Jednotlivé osíťované oblasti

Pro vyhodnocení změny poloh bodů sítě je potřeba vytvořit 3D souřadný systém pomocí kalibračních kamenů a tyčí, viz. obr. 8.2.3..



Obr. 8.2.3.: Souřadný systém složený z kalibračních tyčí a kamenů

Na vylisovaný a vystřihlý vzorek, na kterém je nanесena deformační síť, se položí dvě označené tyčky, které jsou umístěny kolmo na sebe, viz. obr. 8.2.4.. Dále se okolo tyček rozloží kalibrační kameny, které jsou ve tvaru krychliček o rozměrech 10 x 10 mm a na každé ploše je znázorněna značka, viz. obr. 8.2.5.. Kalibrační kameny je nutno rozmístit tak, aby při procesu snímání byly dobře čitelné, a aby nedošlo při manipulaci k jejich posunu. Podmínkou pro úspěšné rozpoznání deformační sítě je nutné zaměřit alespoň pět ploch z celkového počtu kalibračních kamenů.



Obr. 8.2.4.: Umístění kalibračních tyček



Obr. 8.2.5.: Kalibrační kámen

Po umístění daných tyček a kalibračních kamenů na měřený vzorek se připraví snímací kamera. Její nastavení je nezávislé na zkušebních podmínkách např. intenzitě světla ve zkušební místnosti... Je důležité zvolit různé výšky a úhly pohledů, aby se co nejpřesněji zaznamenala deformační síť na vzorku. Snímací kamera musí být zaostřena tak, aby bylo zaostřeno minimálně pět značek umístěných na kalibračních kamenech.

Po zaostření dochází ke samotnému snímání vzorku. V každém pohledu je nutné zaznamenat několik snímků, aby se dosáhlo co nejpřesnějšího zobrazení jednotlivých bodů deformační sítě. Po dostatečném nasnímání vzorku se spustí

výpočet. Pro každý snímek se provádí výpočet zvlášť. Ve správně vypočteném snímku jsou nařazené body deformační sítě označeny křížkem. Po načtení bodů deformační sítě jsou pomocí image processingu vyhodnoceny prostorové souřadnice deformované sítě bodů mřížky a použity k definování tvaru ve 3D systému deformovaného dílu.

Výsledky jsou zobrazeny ve vyhodnocovacím režimu v podobě 3D modelu, řezech a výstupním protokolu (viz. příloha). Pro přehlednější zobrazení výsledných hodnot slouží funkce systému, které mají za úkol odstranit nepřesnosti popř. doplnit chybějící místa (plochy). Výsledný model je barevně označen. Nejčastěji se používá barevné zobrazení

- hlavní deformace (Major Strain)
- vedlejší deformace (Minor Strain)
- změna tloušťky (Thickness Reduction)

Optický systém Argus nabízí zobrazení výsledků i pomocí FLD diagramu (diagram mezních přetvoření).

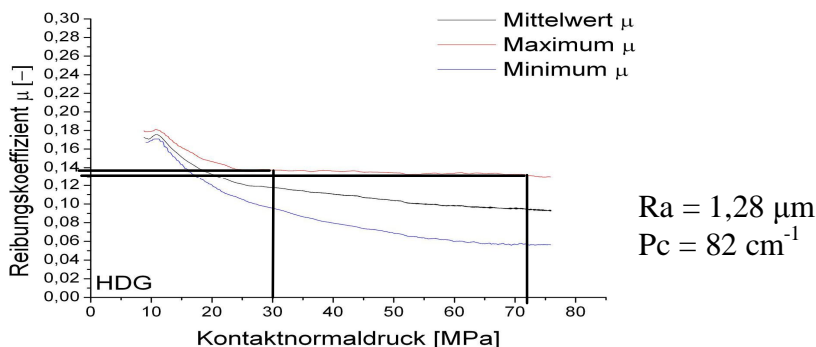
8.3. Vyhodnocení měření

Účelem měření je zjistit stupeň přetvoření u materiálu s mikropovlakem (NIT) a porovnat ho s materiálem stejných mechanických vlastností bez mikropovlaku.

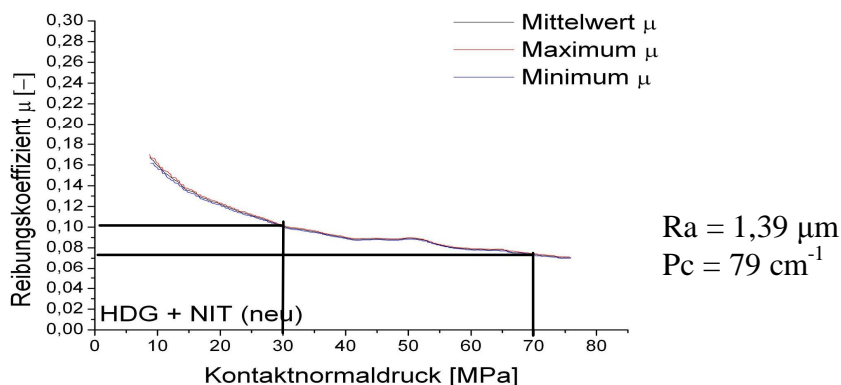
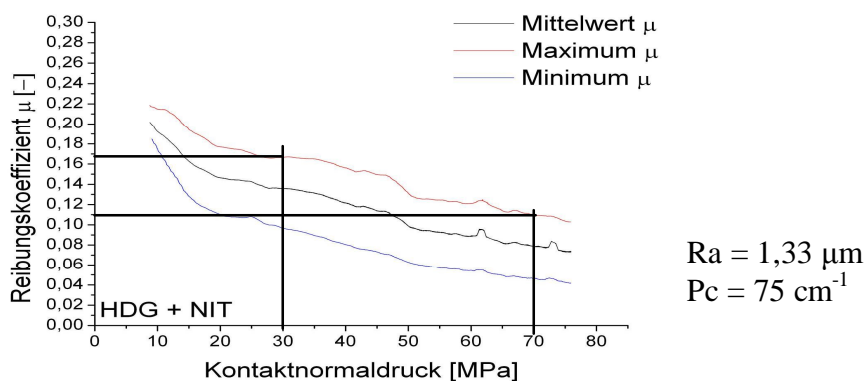
Z provedených měření vychází, že sledované hodnoty jsou u obou zkoušených materiálů přibližně stejné. Tuto shodu je možno vysvětlit několika vlivy.

Jedním z možných vlivů je, že se na povrchu nově zkoušeného materiálu nevyskytuje povlak N.I.T. nebo je ho tam velmi malé množství N.I.T.. N.I.T. má vliv na lepší tvárnost materiálu. Větší množství N.I.T. nanesené na materiálu zmenšuje tření mezi materiálem a nástrojem, ve kterém je materiál tvářen. Uvedená domněnka je podložena grafy závislosti koeficientu tření na kontaktním tlaku (viz. graf 8.3.1., graf 8.3.2., graf 8.3.3.). [23]

Svítek č.1. - HDG



Graf. 8.3.1.: Materiál bez N.I.T.

Svitek č.2. - HDG + N.I.T. (1)*Beschichtung oben und unten gegen 15mg/m²*Graf. 8.3.2.: obsah síry 15 mg/m²**Svitek č. 3. - HDG + N.I.T. (2)***Beschichtung oben und unten gegen 18mg/m²*Graf. 8.3.3.: obsah síry 18 mg/m²

Z uvedených grafů plyne, že při zvýšení obsahu síry na 1 m² dochází k poklesu součinitele tření (sledováno při kontaktním tlaku 30 resp. 70 MPa). Tím dochází k lepšímu tváření materiálu, což má vliv na snížení zmetkovitosti a zlepšení plynulosti procesu lisování prodloužením intervalu čištění nástrojů.

Vliv na proces lisování má i tepelné zpracování povrchu nástroje. Zakalením činných ploch lisovacího nástroje dojde k menšímu otěru materiálu v místech styku s nástrojem. Zbytky zinkové vrstvy pak nezůstávají nalepené v nástroji, tudíž nedochází k zadírání materiálu.

Dopad na výsledky může mít také volba oblastí na naměřeném dílu, kde dochází ke sledování procesu tváření. Ze tří sledovaných oblastí na výlisku bylo zjištěno, že u první měřené oblasti se výsledky částečně liší a u zbylých dvou měřených oblastí jsou výsledky téměř shodné.

Přesnějších výsledků mezi N.I.T. a sériovým materiálem lze docílit:

- Měřením výlisku ve více oblastech než bylo uskutečněno

9. Závěr

Úkolem této bakalářské práce bylo zjistit základní mechanické vlastnosti testovaného materiálu o jakosti DX56D+Z100 MBO NIT a porovnat rozložení deformací, ve zvolených místech výlisku, se sériovým materiálem s odpovídající jakostí DX56D+Z100 MBO.

Posouzení vlastností jednotlivých testovaných materiálů bylo měřením drsnosti, zkoušky tahem a analýzy deformace výlisků.

Z výsledků základních mechanických hodnot je patrné, že z pohledu měření drsnosti a zkoušky tahem oba zkoušené materiály splňují požadavky pro výrobu daného dílu a jsou si podobné.

Při analýze deformací se zjistilo, že sledované hodnoty u obou měřených dílů jsou téměř shodné. Podle obecných předpokladů by u plechu s NIT mělo být tření mezi materiálem a nástrojem nižší a rozdíl výsledků výraznější zvláště v oblastech vysokých tlaků a teplot.

Pro další zkoušení a porovnání těchto dvou výsledků doporučuji:

- Zajištění tribologické zkoušky na množství NIT na materiálu
- Zvolení materiálu s větším množstvím NIT povlaku
- Zvolení dvou rozdílnějších materiálů z hlediska mechanických hodnot

10. Použitá literatura:

- [1] www.worldautosteel.org – International Iron & Steel Institute: Advanced High Strength Steel, 2006
- [2] Hauser J.: Materiálové zkoušky tenkých hlubokotažných karosářských ocelových plechů válcovaných za studena, ČVUT v Praze, 2003
- [3] Firemní katalog produktů Arcelor Auto, 2003
- [4] Sobotka, J.: Zhodnocení použití pevných a polotuhých mazadel v sériové výrobě při lisování výlisků karosářského typu, [Diplomová práce], TU Liberec, 2004
- [5] Norma ČSN ISO 10275: Stanovení exponentu deformačního zpevnění plechů a pásů, 1995
- [6] Jelínek P.: Vliv způsobu dělení materiálu na jeho následné plastické vlastnosti, [Diplomová práce], TU Liberec, 2006
- [7] www.steeluniversity.org – Advance Low Karbon Cold Rolled Steel Strip, 2006
- [8] Norma ČSN EN 10002-1: Zkouška tahem. Český normalizační institut, 1994.
- [9] Škoda Auto podklady – tabulky hodnot deformačního zpevnění
- [10] Norma ČSN ISO 10113: Stanovení součinitele plastické anizotropie plechů a pásů, 1994
- [11] Argus v5.4: GOM Optical Measuring Techniques, 2005

-
- [12] Černovský P.: Zjištění vlivu použitého materiálu na rozložení deformace při tažení výlisku karosářského typu, [Diplomová práce], TU Liberec, 2004
- [13] Buchar, Z.: Komplexní analýza přetvoření výlisku nepravidelného tvaru, [Habilitační práce], TU, Liberec 1996
- [14] Norma DIN EN 10327: Kontinuierlich schmelztauchveredeltes Band und Blech aus weichen Stählen zum Kaltformen / Technische Lieferbedingungen. Deutsche Fassung EN 10327, 2004
- [15] Tomášek J.: Tvářitelnost a technologie tváření plechu. Přehled tváření, VUTS, 1986 č.2
- [16] Seznam kmenových karet, ŠkodaAuto, 2006
- [17] Norma DIN EN 10142>2000> Kontinuierlich feurveryinktes Band und Blech aus weichen Stählen zum Kaltformen / Technische Lieferbedingungen. Deutsches Institut für Normen e.V., Berlin, Juli 2000
- [18] Roleček L., Problematik Kleben im Rohbau, ŠkodaAuto, 2005
- [19] Analysis of tribological tests on NIT by LIBEREC, Arcelor, 2003
- [20] New Inorganic Treatment: Properties on GI coated product, Arcelor, 2004
- [21] New Inorganic Treatment, Arcelor, 2005
- [22] Doplněk k DIN EN 1042: Žárově zinkované pásy a plechy, 1997
- [23] Streifenziehtests der anorganischen Mikroberchichtungen, ŠkodaAuto a.s., UNI in Liberec, 2007

11. Seznam příloh:

1. Měření drsnosti vnější a vnitřní strany plechu s odpovídající jakostí DX56D+Z100 MBO NIT
2. Měření drsnosti vnější a vnitřní strany plechu s odpovídající jakostí DX56D+Z100 MBO
3. Výstupní protokol z 1. tahové zkoušky ve směru 90° (č.s. 5624247)
4. Výstupní protokol z 2. tahové zkoušky ve směru 90° (č.s. 5624247)
5. Výstupní protokol z 3. tahové zkoušky ve směru 90° (č.s. 5624247)
6. Výstupní protokol z 1. tahové zkoušky ve směru 45° (č.s. 5624247)
7. Výstupní protokol z 2. tahové zkoušky ve směru 45° (č.s. 5624247)
8. Výstupní protokol z 3. tahové zkoušky ve směru 45° (č.s. 5624247)
9. Výstupní protokol z 1. tahové zkoušky ve směru 0° (č.s. 5624247)
10. Výstupní protokol z 2. tahové zkoušky ve směru 0° (č.s. 5624247)
11. Výstupní protokol z 3. tahové zkoušky ve směru 0° (č.s. 5624247)
12. Výstupní protokol z 1. tahové zkoušky ve směru 90° (č.s. 516883)
13. Výstupní protokol z 2. tahové zkoušky ve směru 90° (č.s. 516883)
14. Výstupní protokol z 3. tahové zkoušky ve směru 90° (č.s. 516883)
15. Výstupní protokol z 1. tahové zkoušky ve směru 45° (č.s. 516883)
16. Výstupní protokol z 2. tahové zkoušky ve směru 45° (č.s. 516883)
17. Výstupní protokol z 3. tahové zkoušky ve směru 45° (č.s. 516883)
18. Výstupní protokol z 1. tahové zkoušky ve směru 0° (č.s. 516883)
19. Výstupní protokol z 2. tahové zkoušky ve směru 0° (č.s. 516883)
20. Výstupní protokol z 3. tahové zkoušky ve směru 0° (č.s. 516883)
21. Analýza přetvoření plechu s odpovídající jakostí DX56D + Z100 MBO NIT
oblast I – hlavní napětí
22. Analýza přetvoření plechu s odpovídající jakostí DX56D + Z100 MBO NIT
oblast II – hlavní napětí
23. Analýza přetvoření plechu s odpovídající jakostí DX56D + Z100 MBO NIT
oblast III – hlavní napětí
24. Analýza přetvoření plechu s odpovídající jakostí DX56D + Z100 MBO
oblast 1 – hlavní napětí



- 25. Analýza přetvoření plechu s odpovídající jakostí DX56D + Z100 MBO
oblast 2 – hlavní napětí
- 26. Analýza přetvoření plechu s odpovídající jakostí DX56D + Z100 MBO
oblast 3 – hlavní napětí

PŘÍLOHA 1.

MĚŘENÍ DRSNOSTI PLECHU S ODPOVÍDAJÍCÍ JAKOSTÍ DX56D+Z100 MBO NIT

Vnější strana plechu

Měření 1)

PERTHOMETER M4Pi
DAT.
OBJ.

LT 15.00 MM
LC GS 2.50 MM
RA 1.13 YM
RZ 6.48 YM
RMAX 7.01 YM
PC(0.50) 84 /C

Měření 2)

PERTHOMETER M4Pi
DAT.
OBJ.

LT 15.00 MM
LC GS 2.50 MM
RA 1.20 YM
RZ 7.02 YM
RMAX 8.53 YM
PC(0.50) 82 /C

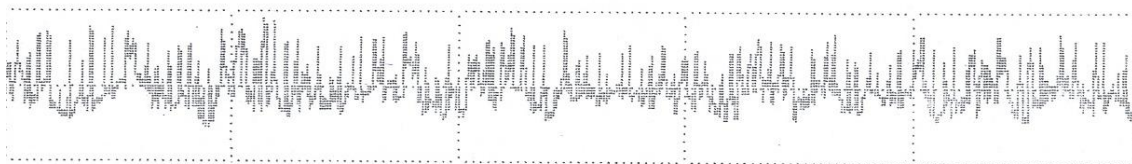
Měření 3)

PERTHOMETER M4Pi
DAT.
OBJ.

LT 15.00 MM
LC GS 2.50 MM
RA 1.11 YM
RZ 6.38 YM
RMAX 7.10 YM
PC(0.50) 79 /C

Profil vnější strany plechu

R PROFIL
LC GS 2.50 MM
VER 5.00 YM



Vnitřní strana plechu

Měření 1)

PERTHOMETER M4Pi
DAT.
OBJ.

LT 15.00 MM
LC GS 2.50 MM
RA 1.19 YM
RZ 7.10 YM
RMAX 7.68 YM
PC(0.50) 78 /C

Měření 2)

PERTHOMETER M4Pi
DAT.
OBJ.

LT 15.00 MM
LC GS 2.50 MM
RA 1.19 YM
RZ 7.63 YM
RMAX 9.59 YM
PC(0.50) 80 /C

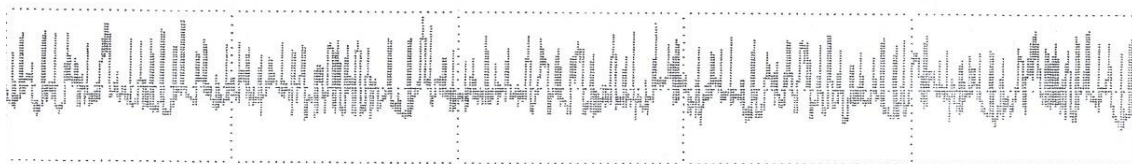
Měření 3)

PERTHOMETER M4Pi
DAT.
OBJ.

LT 15.00 MM
LC GS 2.50 MM
RA 1.12 YM
RZ 8.40 YM
RMAX 8.79 YM
PC(0.50) 82 /C

Profil vnitřní strany plechu

R PROFIL
LC GS 2.50 MM
VER 5.00 YM



PŘÍLOHA 2.

MĚŘENÍ DRSNOSTI PLECHU S ODPOVÍDAJÍCÍ JAKOSTÍ DX56D+Z100 MBO

Vnější strana plechu

Měření 1)

PERTHOMETER M4Pi
DAT.
OBJ.

LT 15.00 MM
LC GS 2.50 MM
RA 1.14 YM
RZ 6.72 YM
RMAX 7.12 YM
PC(0.50) 79 /C

Měření 2)

PERTHOMETER M4Pi
DAT.
OBJ.

LT 15.00 MM
LC GS 2.50 MM
RA 1.15 YM
RZ 6.78 YM
RMAX 7.30 YM
PC(0.50) 80 /C

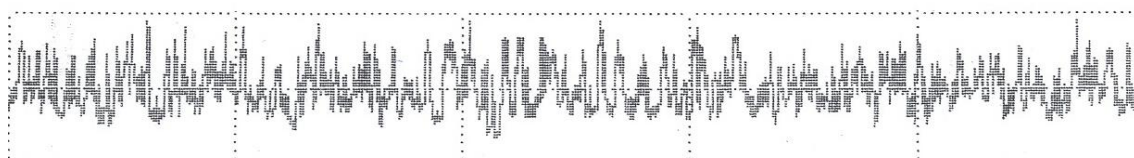
Měření 3)

PERTHOMETER M4Pi
DAT.
OBJ.

LT 15.00 MM
LC GS 2.50 MM
RA 1.17 YM
RZ 7.06 YM
RMAX 7.71 YM
PC(0.50) 85 /C

Profil vnější strany plechu

R PROFIL
LC GS 2.50 MM
VER 5.00 YM



Vnitřní strana plechu

Měření 1)

PERTHOMETER M4Pi
DAT.
OBJ.

LT 15.00 MM
LC GS 2.50 MM
RA 1.22 YM
RZ 7.15 YM
RMAX 8.07 YM
PC(0.50) 78 /C

Měření 2)

PERTHOMETER M4Pi
DAT.
OBJ.

LT 15.00 MM
LC GS 2.50 MM
RA 1.18 YM
RZ 6.68 YM
RMAX 7.21 YM
PC(0.50) 82 /C

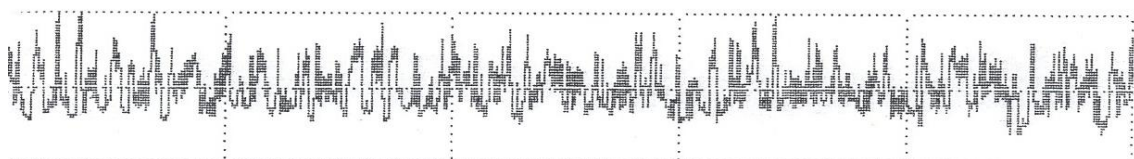
Měření 3)

PERTHOMETER M4Pi
DAT.
OBJ.

LT 15.00 MM
LC GS 2.50 MM
RA 1.14 YM
RZ 7.29 YM
RMAX 8.24 YM
PC(0.50) 90 /C

Profil vnitřní strany plechu

R PROFIL
LC GS 2.50 MM
VER 5.00 YM



PŘÍLOHA 3.



LISOVNA - VZB 1 Mechanické hodnoty materiálu

15.05.2007

Zkušební parametry:

Zákazník : ŠKODA Auto a.s. - Lisovna - VZT
 Vypracoval : Michala Macounová
 Název dílu : Vnitřní plech 5. dveří
 Číslo dílu : 1Z5 827 159
 Jakost materiálu : DX56D+Z100-MBO
 Norma : 10327
 Omezení normy :
 Dodavatel : SOLLAC
 Číslo svitku : 5624247
 Drsnost Ra [mic] : 1,16
 Počet vrcholů Pc: 79

Naměřené hodnoty:

Legenda	Úhel odběru	č. zk.	a0 mm	S0 mm ²	E modul kN/mm ²	Rp 0,2 N/mm ²	Rm N/mm ²	Ag %	A80 %	def. exp. n	r-prům.
	1	1	0,78	16,01	202,4	163	303	26,1	47,7	0,239	2,28
		2	0,78	16,01	183,7	165	304	25,9	49,0	0,238	2,23
		3	0,78	16,01	187,4	163	303	25,6	46,9	0,239	2,28
	2	1	0,78	16,01	198,4	164	312	25,5	45,4	0,237	1,65
		2	0,78	16,01	193,2	164	312	25,7	45,2	0,236	1,64
		3	0,78	16,01	189,6	162	311	25,6	40,9	0,236	1,63
	3	1	0,78	16,01	133,0	163	309	25,8	44,1	0,239	1,80
		2	0,78	16,01	180,8	158	306	27,0	50,8	0,241	1,82
		3	0,78	16,01	186,3	158	306	26,3	45,1	0,242	1,87

Statistika:

0 n = 3	S0 mm ²	E modul kN/mm ²	Rp 0,2 N/mm ²	Rm N/mm ²	Ag %	A80 %	def. exp. n	r-prům.
\bar{x}	16,01	191,2	163	303	25,9	47,9	0,239	2,26
min.	16,01	183,7	163	303	25,6	46,9	0,238	2,23
max.	16,01	202,4	165	304	26,1	49,0	0,239	2,28
s	0,00	9,9	1	0	0,2	1,0	0,000	0,03

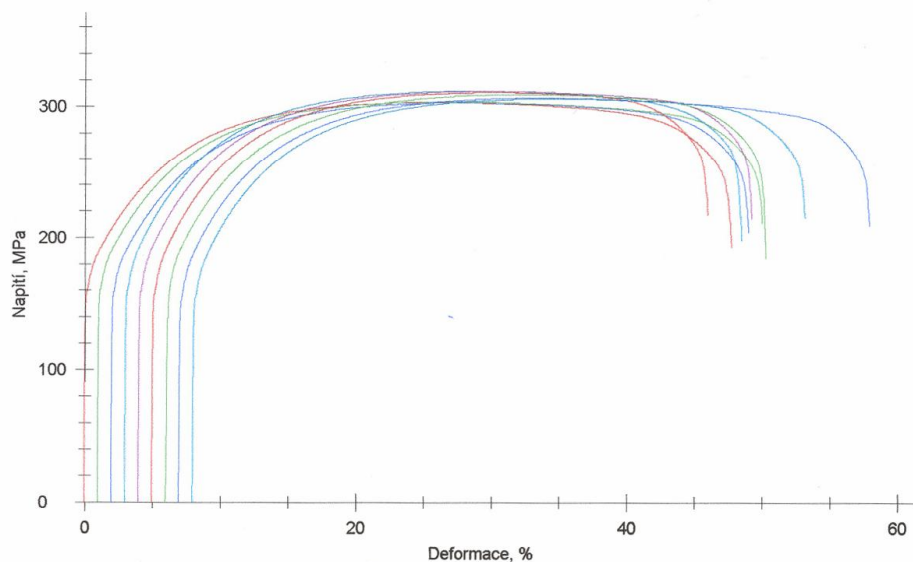


LISOVNA - VZB 1

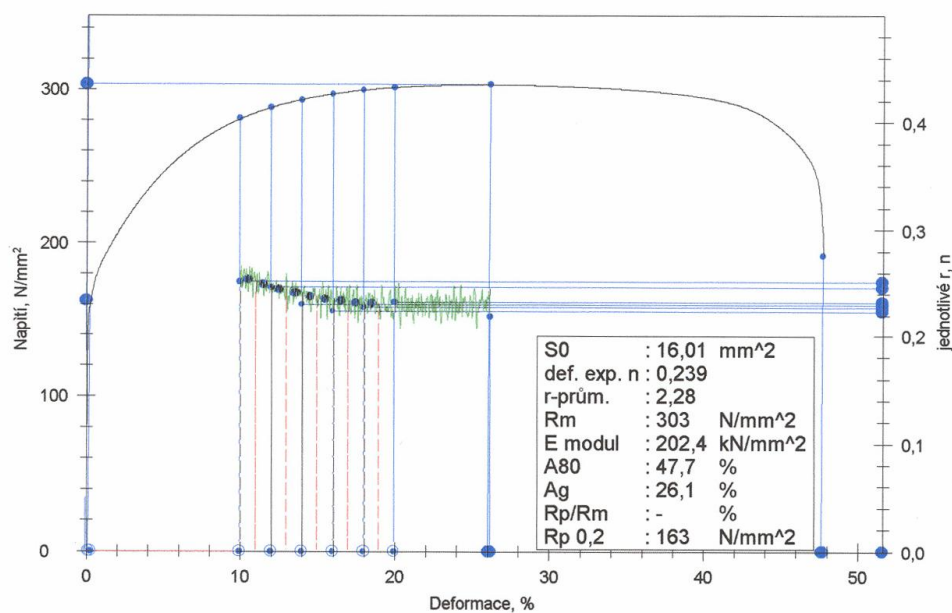
Mechanické hodnoty materiálu

15.05.2007

Průběhy zkoušek:



Průběh jednotlivé zkoušky:



PŘÍLOHA 4.



LISOVNA - VZB 1 Mechanické hodnoty materiálu

15.05.2007

Zkušební parametry:

Zákazník : ŠKODA Auto a.s. - Lisovna - VZT
 Vypracoval : Michala Macounová
 Název dílu : Vnitřní plech 5. dveří
 Číslo dílu : 1Z5 827 159
 Jakost materiálu : DX56D+Z100-MBO
 Norma : 10327
 Omezení normy :
 Dodavatel : SOLLAC
 Číslo svítku : 5624247
 Drsnost Ra [mic] : 1,16
 Počet vrcholů Pc: 79

Naměřené hodnoty:

Legenda	Úhel odběru	č. zk.	a0 mm	S0 mm ²	E modul kN/mm ²	Rp 0,2 N/mm ²	Rm N/mm ²	Ag %	A80 %	def. exp. n	r-prům.
	1	1	0,78	16,01	202,4	163	303	26,1	47,7	0,239	2,28
		2	0,78	16,01	183,7	165	304	25,9	49,0	0,238	2,23
		3	0,78	16,01	187,4	163	303	25,6	46,9	0,239	2,28
	2	1	0,78	16,01	198,4	164	312	25,5	45,4	0,237	1,65
		2	0,78	16,01	193,2	164	312	25,7	45,2	0,236	1,64
		3	0,78	16,01	189,6	162	311	25,6	40,9	0,236	1,63
	3	1	0,78	16,01	133,0	163	309	25,8	44,1	0,239	1,80
		2	0,78	16,01	180,8	158	306	27,0	50,8	0,241	1,82
		3	0,78	16,01	186,3	158	306	26,3	45,1	0,242	1,87

Statistika:

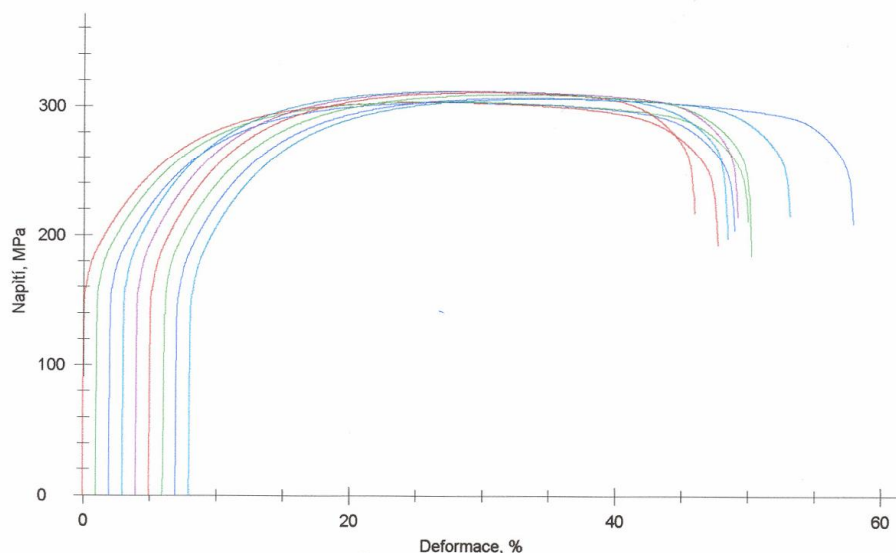
0 n = 3	S0 mm ²	E modul kN/mm ²	Rp 0,2 N/mm ²	Rm N/mm ²	Ag %	A80 %	def. exp. n	r-prům.
x	16,01	191,2	163	303	25,9	47,9	0,239	2,26
min.	16,01	183,7	163	303	25,6	46,9	0,238	2,23
max.	16,01	202,4	165	304	26,1	49,0	0,239	2,28
s	0,00	9,9	1	0	0,2	1,0	0,000	0,03



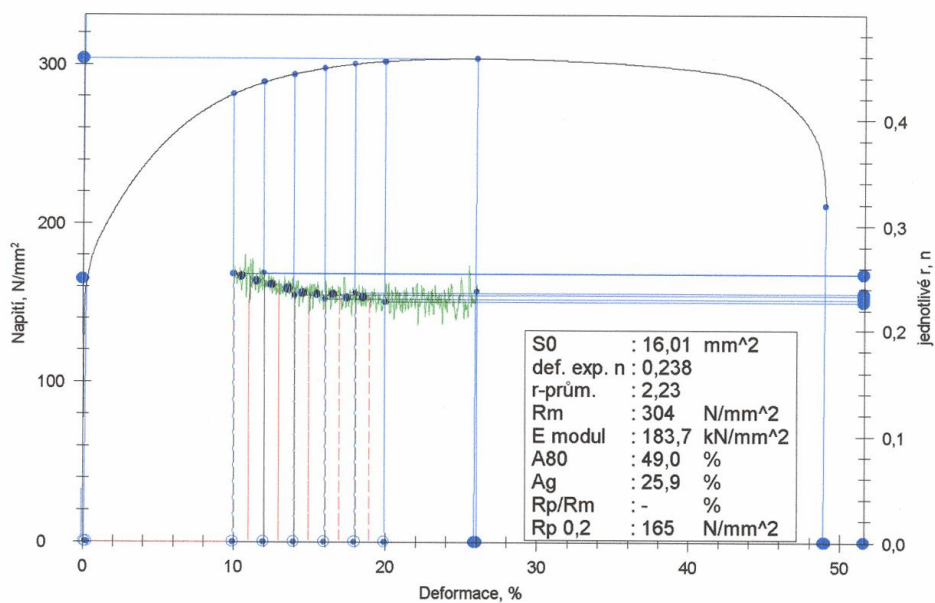
LISOVNA - VZB 1 **Mechanické hodnoty materiálu**

15.05.2007

Průběhy zkoušek:



Průběh jednotlivé zkoušky:



PŘÍLOHA 5.



LISOVNA - VZB 1 Mechanické hodnoty materiálu

15.05.2007

Zkušební parametry:

Zákazník : ŠKODA Auto a.s. - Lisovna - VZT
 Vypracoval : Michala Macounová
 Název dílu : Vnitřní plech 5. dveří
 Číslo dílu : 1Z5 827 159
 Jakost materiálu : DX56D+Z100-MBO
 Norma : 10327
 Omezení normy :
 Dodavatel : SOLLAC
 Číslo svitku : 5624247
 Drsnost Ra [mic] : 1,16
 Počet vrcholů Pc: 79

Naměřené hodnoty:

Legenda	Úhel odběru	č. zk.	a0 mm	S0 mm ²	E modul kN/mm ²	Rp 0,2 N/mm ²	Rm N/mm ²	Ag %	A80 %	def. exp. n	r-prům.
	1	1	0,78	16,01	202,4	163	303	26,1	47,7	0,239	2,28
		2	0,78	16,01	183,7	165	304	25,9	49,0	0,238	2,23
		3	0,78	16,01	187,4	163	303	25,6	46,9	0,239	2,28
	2	1	0,78	16,01	198,4	164	312	25,5	45,4	0,237	1,65
		2	0,78	16,01	193,2	164	312	25,7	45,2	0,236	1,64
		3	0,78	16,01	189,6	162	311	25,6	40,9	0,236	1,63
	3	1	0,78	16,01	133,0	163	309	25,8	44,1	0,239	1,80
		2	0,78	16,01	180,8	158	306	27,0	50,8	0,241	1,82
		3	0,78	16,01	186,3	158	306	26,3	45,1	0,242	1,87

Statistika:

0 n = 3	S0 mm ²	E modul kN/mm ²	Rp 0,2 N/mm ²	Rm N/mm ²	Ag %	A80 %	def. exp. n	r-prům.
x	16,01	191,2	163	303	25,9	47,9	0,239	2,26
min.	16,01	183,7	163	303	25,6	46,9	0,238	2,23
max.	16,01	202,4	165	304	26,1	49,0	0,239	2,28
s	0,00	9,9	1	0	0,2	1,0	0,000	0,03

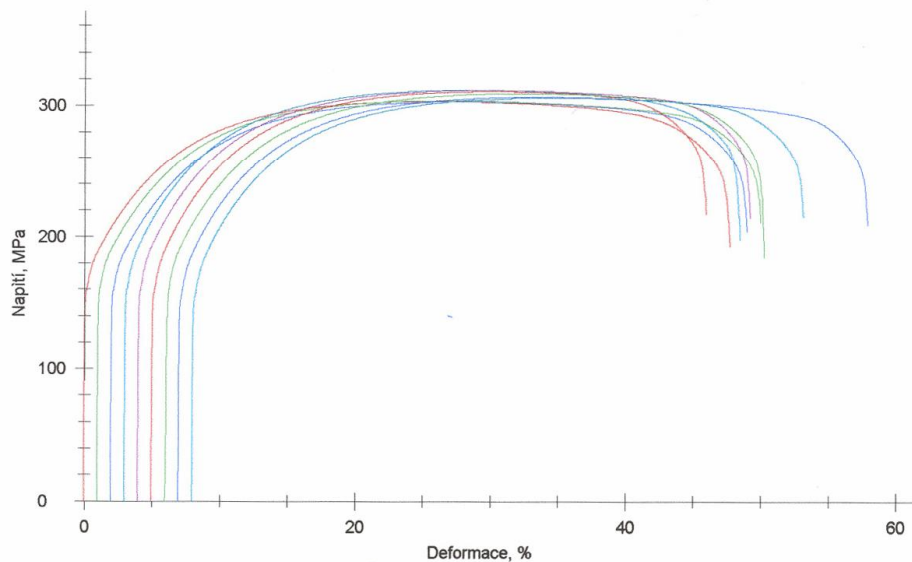


LISOVNA - VZB 1

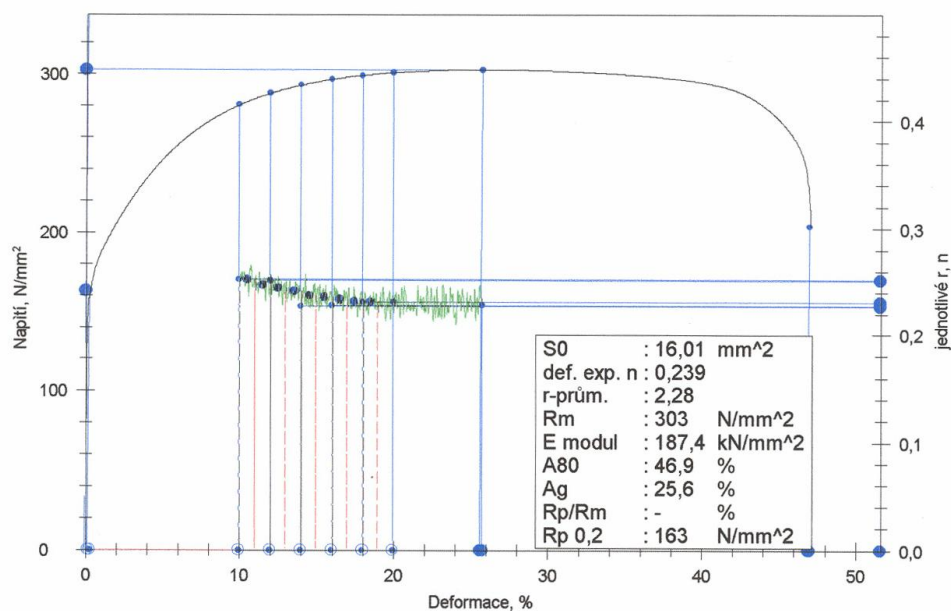
Mechanické hodnoty materiálu

15.05.2007

Průběhy zkoušek:



Průběh jednotlivé zkoušky:



PŘÍLOHA 6.












LISOVNA - VZB 1 Mechanické hodnoty materiálu

15.05.2007

Zkušební parametry:

Zákazník : ŠKODA Auto a.s. - Lisovna - VZT
 Vypracoval : Michala Macounová
 Název dílu : Vnitřní plech 5. dveří
 Číslo dílu : 1Z5 827 159
 Jakost materiálu : DX56D+Z100-MBO
 Norma : 10327
 Omezení normy :
 Dodavatel : SOLLAC
 Číslo svitku : 5624247
 Drsnost Ra [mic] : 1,16
 Počet vrcholků Pc: 79

Naměřené hodnoty:

Legenda	Úhel odběru	č. zk.	a0 mm	S0 mm ²	E modul kN/mm ²	Rp 0,2 N/mm ²	Rm N/mm ²	Ag %	A80 %	def. exp. n	r-prům.
	1	1	0,78	16,01	202,4	163	303	26,1	47,7	0,239	2,28
		2	0,78	16,01	183,7	165	304	25,9	49,0	0,238	2,23
		3	0,78	16,01	187,4	163	303	25,6	46,9	0,239	2,28
	2	1	0,78	16,01	198,4	164	312	25,5	45,4	0,237	1,65
		2	0,78	16,01	193,2	164	312	25,7	45,2	0,236	1,64
		3	0,78	16,01	189,6	162	311	25,6	40,9	0,236	1,63
	3	1	0,78	16,01	133,0	163	309	25,8	44,1	0,239	1,80
		2	0,78	16,01	180,8	158	306	27,0	50,8	0,241	1,82
		3	0,78	16,01	186,3	158	306	26,3	45,1	0,242	1,87

Statistika:

0 n = 3	S0 mm ²	E modul kN/mm ²	Rp 0,2 N/mm ²	Rm N/mm ²	Ag %	A80 %	def. exp. n	r-prům.
x	16,01	193,8	163	311	25,6	43,8	0,236	1,64
min.	16,01	189,6	162	311	25,5	40,9	0,236	1,63
max.	16,01	198,4	164	312	25,7	45,4	0,237	1,65
s	0,00	4,4	1	1	0,1	2,5	0,000	0,01

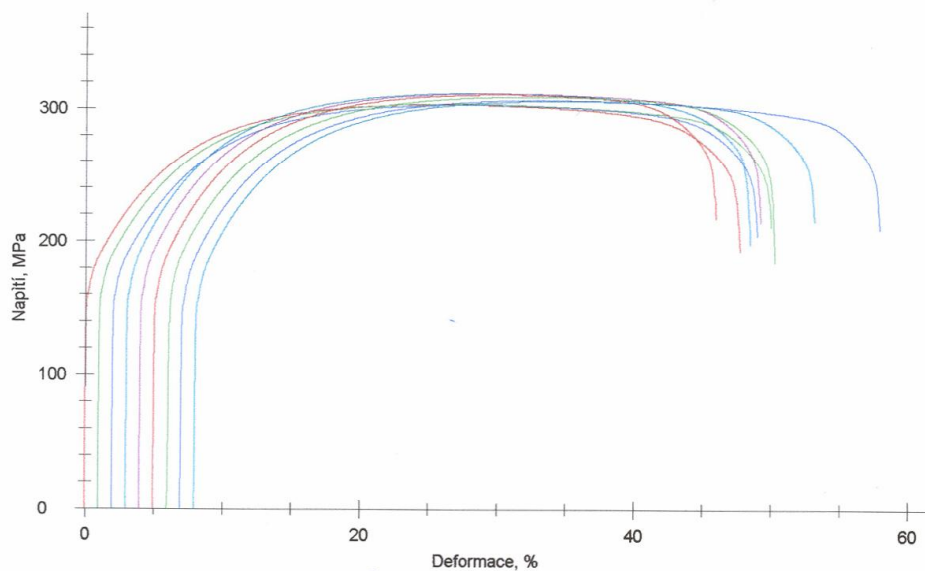


LISOVNA - VZB 1

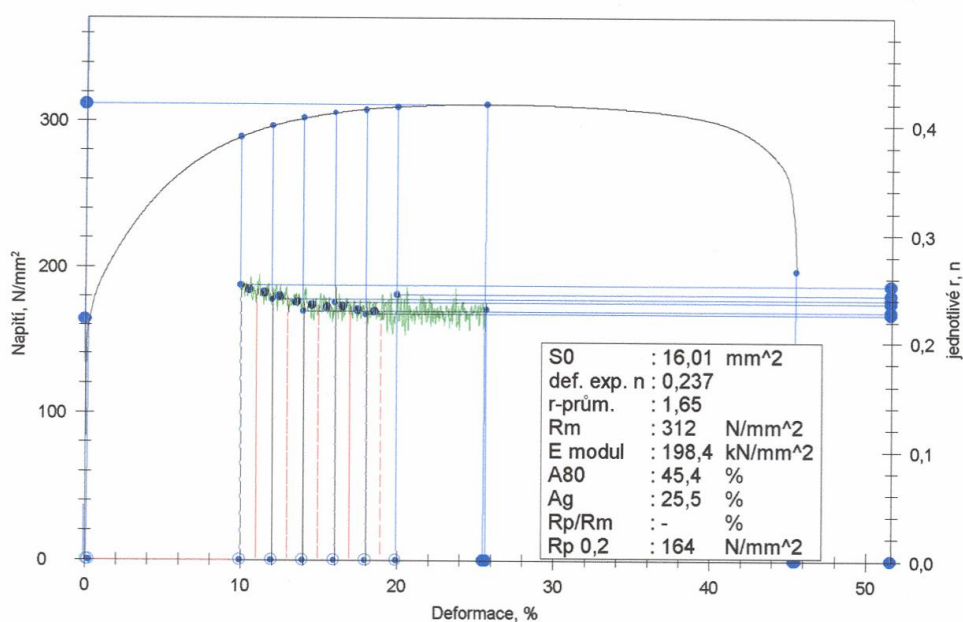
Mechanické hodnoty materiálu

15.05.2007

Průběhy zkoušek:



Průběh jednotlivé zkoušky:



PŘÍLOHA 7.



LISOVNA - VZB 1 Mechanické hodnoty materiálu

15.05.2007

Zkušební parametry:

Zákazník : ŠKODA Auto a.s. - Lisovna - VZT
 Vypracoval : Michala Macounová
 Název dílu : Vnitřní plech 5. dveří
 Číslo dílu : 1Z5 827 159
 Jakost materiálu : DX56D+Z100-MBO
 Norma : 10327
 Omezení normy :
 Dodavatel : SOLLAC
 Číslo svitku : 5624247
 Drsnost Ra [mic] : 1,16
 Počet vrcholů Pc: 79

Naměřené hodnoty:

Legenda	Úhel odběru	č. zk.	a0 mm	S0 mm ²	E modul kN/mm ²	Rp 0,2 N/mm ²	Rm N/mm ²	Ag %	A80 %	def. exp. n	r-prům.
	1	1	0,78	16,01	202,4	163	303	26,1	47,7	0,239	2,28
		2	0,78	16,01	183,7	165	304	25,9	49,0	0,238	2,23
		3	0,78	16,01	187,4	163	303	25,6	46,9	0,239	2,28
	2	1	0,78	16,01	198,4	164	312	25,5	45,4	0,237	1,65
		2	0,78	16,01	193,2	164	312	25,7	45,2	0,236	1,64
		3	0,78	16,01	189,6	162	311	25,6	40,9	0,236	1,63
	3	1	0,78	16,01	133,0	163	309	25,8	44,1	0,239	1,80
		2	0,78	16,01	180,8	158	306	27,0	50,8	0,241	1,82
		3	0,78	16,01	186,3	158	306	26,3	45,1	0,242	1,87

Statistika:

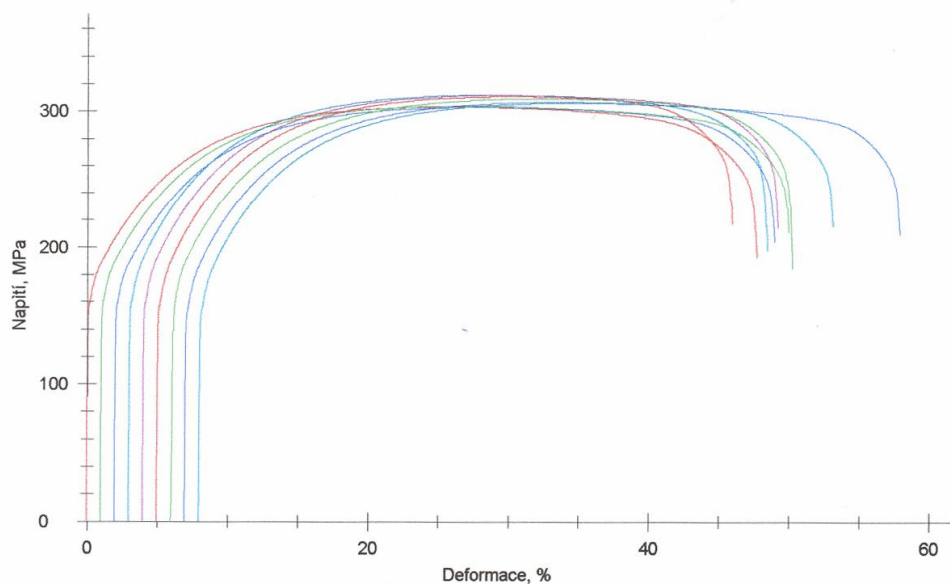
0 n = 3	S0 mm ²	E modul kN/mm ²	Rp 0,2 N/mm ²	Rm N/mm ²	Ag %	A80 %	def. exp. n	r-prům.
\bar{x}	16,01	193,8	163	311	25,6	43,8	0,236	1,64
min.	16,01	189,6	162	311	25,5	40,9	0,236	1,63
max.	16,01	198,4	164	312	25,7	45,4	0,237	1,65
s	0,00	4,4	1	1	0,1	2,5	0,000	0,01



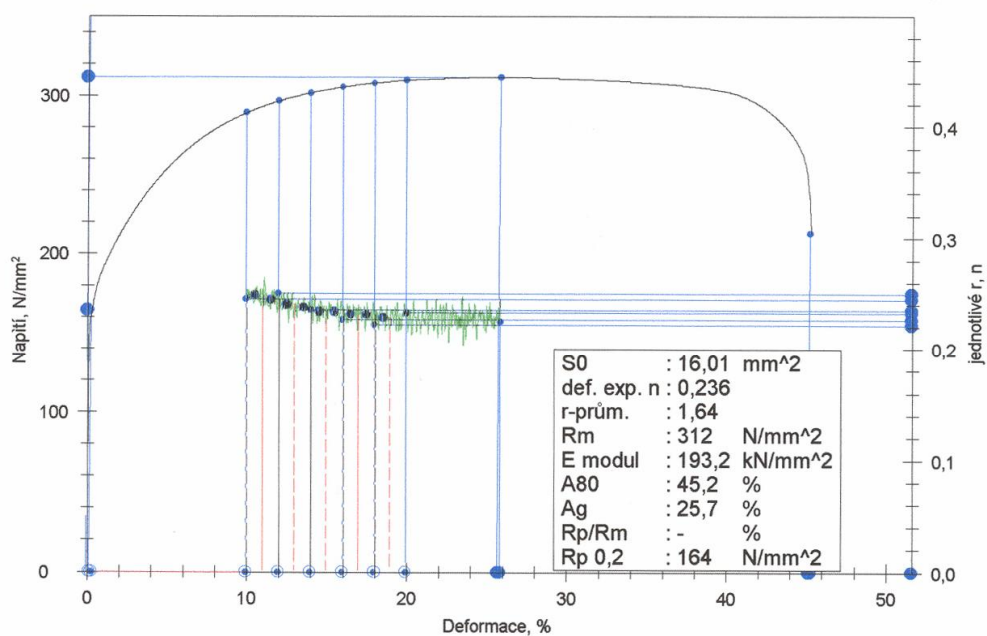
LISOVNA - VZB 1 **Mechanické hodnoty materiálu**

15.05.2007

Průběhy zkoušek:



Průběh jednotlivé zkoušky:



PŘÍLOHA 8.



LISOVNA - VZB 1 Mechanické hodnoty materiálu

15.05.2007

Zkušební parametry:

Zákazník : ŠKODA Auto a.s. - Lisovna - VZT
 Vypracoval : Michala Macounová
 Název dílu : Vnitřní plech 5. dveří
 Číslo dílu : 1Z5 827 159
 Jakost materiálu : DX56D+Z100-MBO
 Norma : 10327
 Omezení normy :
 Dodavatel : SOLLAC
 Číslo svitku : 5624247
 Drsnost Ra [mic] : 1,16
 Počet vrcholů Pc: 79

Naměřené hodnoty:

Legenda	Úhel odběru	č. zk.	a0 mm	S0 mm ²	E modul kN/mm ²	Rp 0,2 N/mm ²	Rm N/mm ²	Ag %	A80 %	def. exp. n	r-prům.
	1	1	0,78	16,01	202,4	163	303	26,1	47,7	0,239	2,28
		2	0,78	16,01	183,7	165	304	25,9	49,0	0,238	2,23
		3	0,78	16,01	187,4	163	303	25,6	46,9	0,239	2,28
	2	1	0,78	16,01	198,4	164	312	25,5	45,4	0,237	1,65
		2	0,78	16,01	193,2	164	312	25,7	45,2	0,236	1,64
		3	0,78	16,01	189,6	162	311	25,6	40,9	0,236	1,63
	3	1	0,78	16,01	133,0	163	309	25,8	44,1	0,239	1,80
		2	0,78	16,01	180,8	158	306	27,0	50,8	0,241	1,82
		3	0,78	16,01	186,3	158	306	26,3	45,1	0,242	1,87

Statistika:

0 n = 3	S0 mm ²	E modul kN/mm ²	Rp 0,2 N/mm ²	Rm N/mm ²	Ag %	A80 %	def. exp. n	r-prům.
\bar{x}	16,01	193,8	163	311	25,6	43,8	0,236	1,64
min.	16,01	189,6	162	311	25,5	40,9	0,236	1,63
max.	16,01	198,4	164	312	25,7	45,4	0,237	1,65
s	0,00	4,4	1	1	0,1	2,5	0,000	0,01

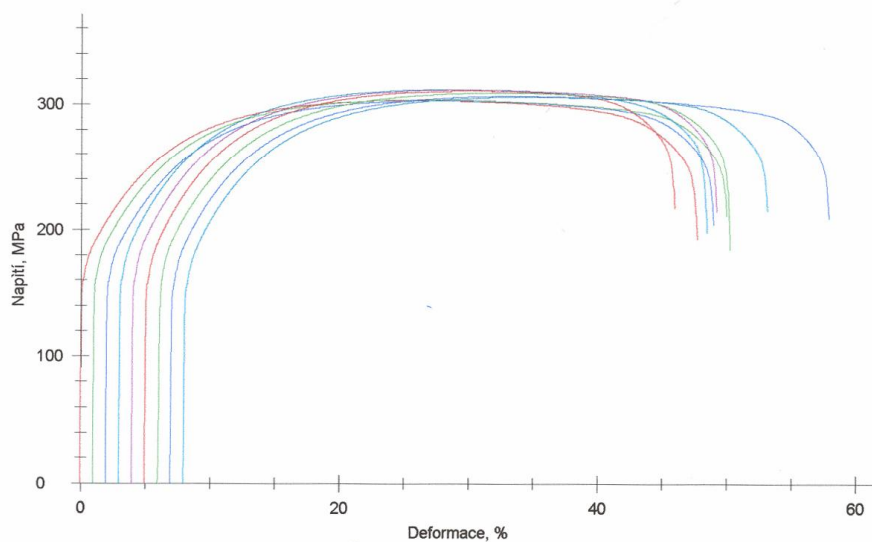


LISOVNA - VZB 1

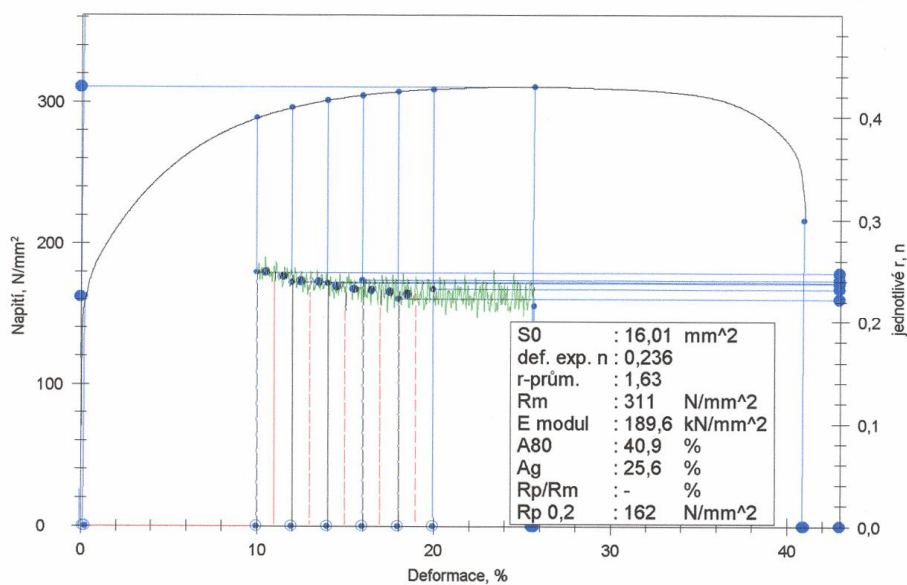
Mechanické hodnoty materiálu

15.05.2007

Průběhy zkoušek:



Průběh jednotlivé zkoušky:



PŘÍLOHA 9.



LISOVNA - VZB 1 Mechanické hodnoty materiálu

15.05.2007

Zkušební parametry:

Zákazník : ŠKODA Auto a.s. - Lisovna - VZT
 Vypracoval : Michala Macounová
 Název dílu : Vnitřní plech 5. dveří
 Číslo dílu : 1Z5 827 159
 Jakost materiálu : DX56D+Z100-MBO
 Norma : 10327
 Omezení normy :
 Dodavatel : SOLLAC
 Číslo svitku : 5624247
 Drsnost Ra [mic] : 1,16
 Počet vrcholů Pc: 79

Naměřené hodnoty:

Legenda	Úhel odběru	č. zk.	a0 mm	S0 mm ²	E modul kN/mm ²	Rp 0,2 N/mm ²	Rm N/mm ²	Ag %	A80 %	def. exp. n	r-prům.
	1	1	0,78	16,01	202,4	163	303	26,1	47,7	0,239	2,28
		2	0,78	16,01	183,7	165	304	25,9	49,0	0,238	2,23
		3	0,78	16,01	187,4	163	303	25,6	46,9	0,239	2,28
	2	1	0,78	16,01	198,4	164	312	25,5	45,4	0,237	1,65
		2	0,78	16,01	193,2	164	312	25,7	45,2	0,236	1,64
		3	0,78	16,01	189,6	162	311	25,6	40,9	0,236	1,63
	3	1	0,78	16,01	133,0	163	309	25,8	44,1	0,239	1,80
		2	0,78	16,01	180,8	158	306	27,0	50,8	0,241	1,82
		3	0,78	16,01	186,3	158	306	26,3	45,1	0,242	1,87

Statistika:

0 n = 3	S0 mm ²	E modul kN/mm ²	Rp 0,2 N/mm ²	Rm N/mm ²	Ag %	A80 %	def. exp. n	r-prům.
x	16,01	193,8	163	311	25,6	43,8	0,236	1,64
min.	16,01	189,6	162	311	25,5	40,9	0,236	1,63
max.	16,01	198,4	164	312	25,7	45,4	0,237	1,65
s	0,00	4,4	1	1	0,1	2,5	0,000	0,01

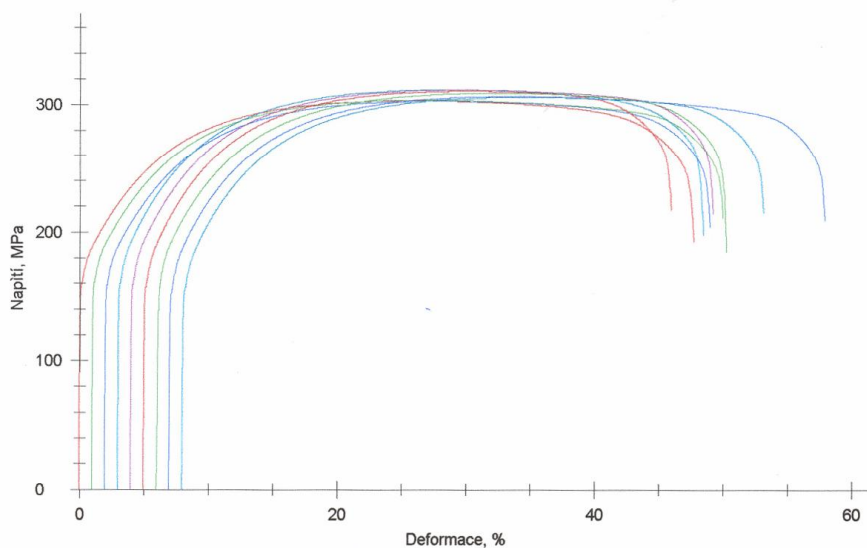


LISOVNA - VZB 1

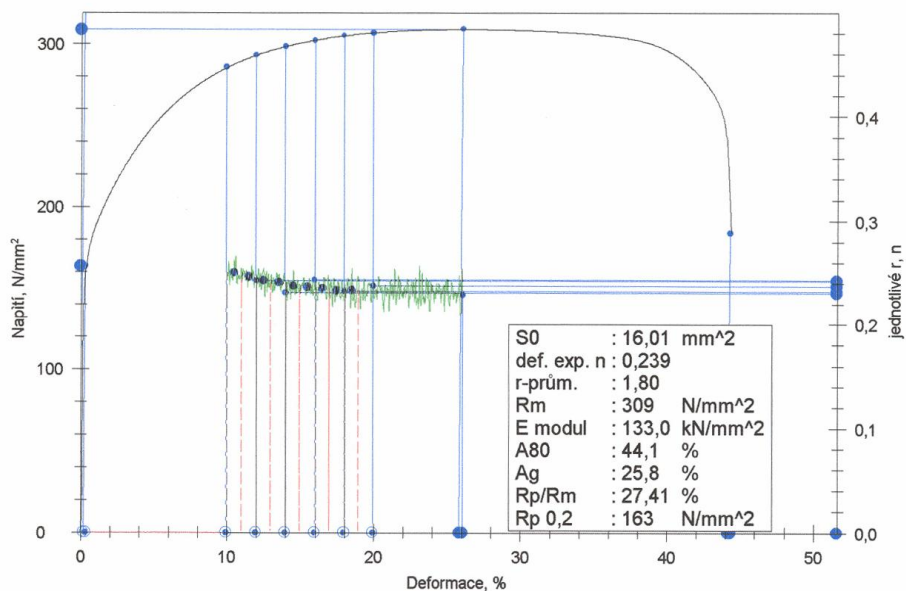
Mechanické hodnoty materiálu

15.05.2007

Průběhy zkoušek:



Průběh jednotlivé zkoušky:





LISOVNA - VZB 1

Mechanické hodnoty materiálu

15.05.2007

Zkušební parametry:

Zákazník : ŠKODA Auto a.s. - Lisovna - VZT
 Vypracoval : Michala Macounová
 Název dílu : Vnitřní plech 5. dveří
 Číslo dílu : 1Z5 827 159
 Jakost materiálu : DX56D+Z100-MBO
 Norma : 10327
 Omezení normy :
 Dodavatel : SOLLAC
 Číslo svitku : 5624247
 Drsnost Ra [mic] : 1,16
 Počet vrcholů Pc: 79

Naměřené hodnoty:

Legenda	Úhel odběru	č. zk.	a0 mm	S0 mm ²	E modul kN/mm ²	Rp 0,2 N/mm ²	Rm N/mm ²	Ag %	A80 %	def. exp. n	r-prům.
	1	1	0,78	16,01	202,4	163	303	26,1	47,7	0,239	2,28
		2	0,78	16,01	183,7	165	304	25,9	49,0	0,238	2,23
		3	0,78	16,01	187,4	163	303	25,6	46,9	0,239	2,28
	2	1	0,78	16,01	198,4	164	312	25,5	45,4	0,237	1,65
		2	0,78	16,01	193,2	164	312	25,7	45,2	0,236	1,64
		3	0,78	16,01	189,6	162	311	25,6	40,9	0,236	1,63
	3	1	0,78	16,01	133,0	163	309	25,8	44,1	0,239	1,80
		2	0,78	16,01	180,8	158	306	27,0	50,8	0,241	1,82
		3	0,78	16,01	186,3	158	306	26,3	45,1	0,242	1,87

Statistika:

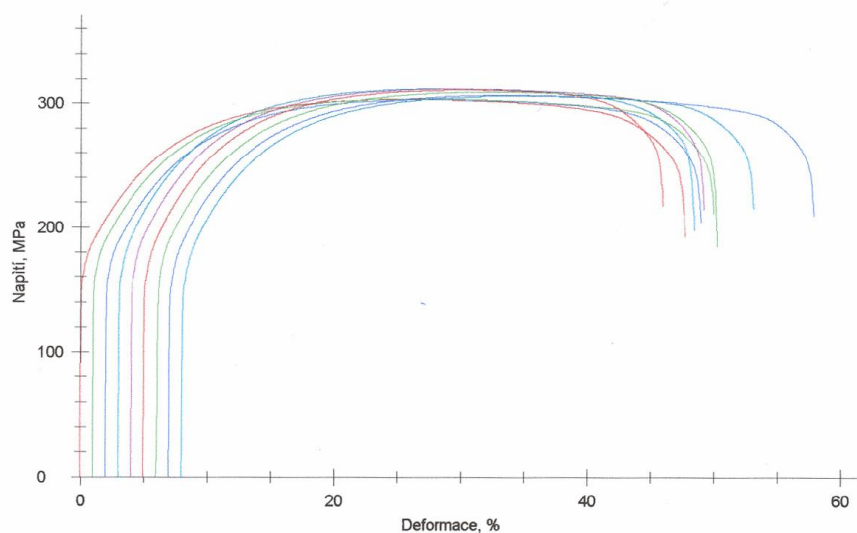
0 n = 3	S0 mm ²	E modul kN/mm ²	Rp 0,2 N/mm ²	Rm N/mm ²	Ag %	A80 %	def. exp. n	r-prům.
\bar{x}	16,01	166,7	160	307	26,3	46,7	0,241	1,83
min.	16,01	133,0	158	306	25,8	44,1	0,239	1,80
max.	16,01	186,3	163	309	27,0	50,8	0,242	1,87
s	0,00	29,3	3	2	0,6	3,6	0,002	0,04



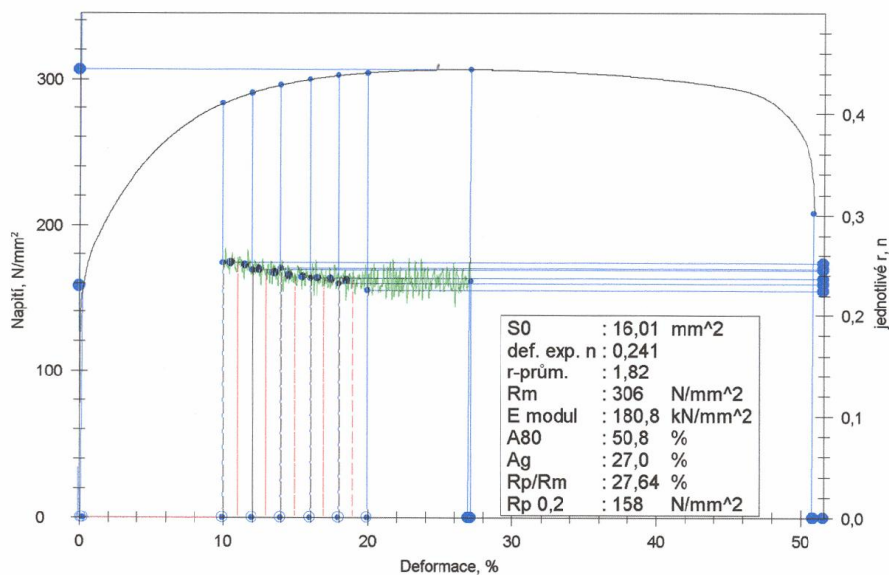
LISOVNA - VZB 1 **Mechanické hodnoty materiálu**

15.05.2007

Průběhy zkoušek:



Průběh jednotlivé zkoušky:





LISOVNA - VZB 1

Mechanické hodnoty materiálu

15.05.2007

Zkušební parametry:

Zákazník : ŠKODA Auto a.s. - Lisovna - VZT
 Vypracoval : Michala Macounová
 Název dílu : Vnitřní plech 5. dveří
 Číslo dílu : 1Z5 827 159
 Jakost materiálu : DX56D+Z100-MBO
 Norma : 10327
 Omezení normy :
 Dodavatel : SOLLAC
 Číslo svitku : 5624247
 Drsnost Ra [mic] : 1,16
 Počet vrcholů Pc: 79

Naměřené hodnoty:

Legenda	Úhel odběru	č. zk.	a0 mm	S0 mm ²	E modul kN/mm ²	Rp 0,2 N/mm ²	Rm N/mm ²	Ag %	A80 %	def. exp. n	r-prům.
	1	1	0,78	16,01	202,4	163	303	26,1	47,7	0,239	2,28
		2	0,78	16,01	183,7	165	304	25,9	49,0	0,238	2,23
		3	0,78	16,01	187,4	163	303	25,6	46,9	0,239	2,28
	2	1	0,78	16,01	198,4	164	312	25,5	45,4	0,237	1,65
		2	0,78	16,01	193,2	164	312	25,7	45,2	0,236	1,64
		3	0,78	16,01	189,6	162	311	25,6	40,9	0,236	1,63
	3	1	0,78	16,01	133,0	163	309	25,8	44,1	0,239	1,80
		2	0,78	16,01	180,8	158	306	27,0	50,8	0,241	1,82
		3	0,78	16,01	186,3	158	306	26,3	45,1	0,242	1,87

Statistika:

0 n = 3	S0 mm ²	E modul kN/mm ²	Rp 0,2 N/mm ²	Rm N/mm ²	Ag %	A80 %	def. exp. n	r-prům.
x	16,01	166,7	160	307	26,3	46,7	0,241	1,83
min.	16,01	133,0	158	306	25,8	44,1	0,239	1,80
max.	16,01	186,3	163	309	27,0	50,8	0,242	1,87
s	0,00	29,3	3	2	0,6	3,6	0,002	0,04

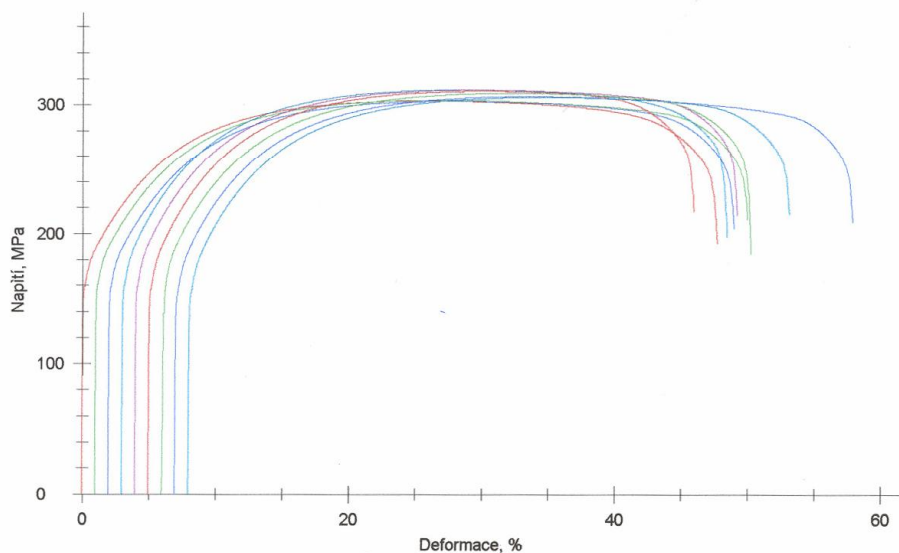


LISOVNA - VZB 1

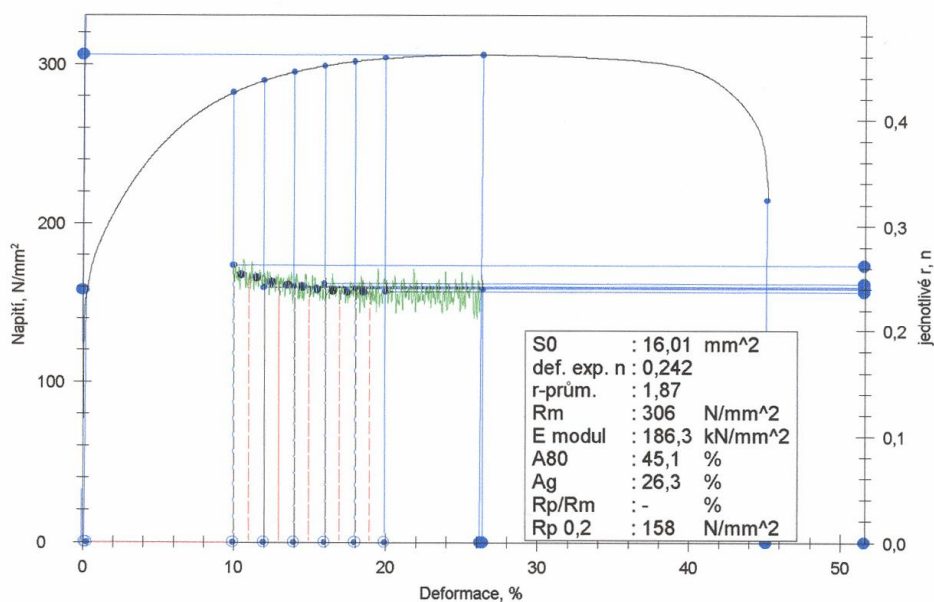
Mechanické hodnoty materiálu

15.05.2007

Průběhy zkoušek:



Průběh jednotlivé zkoušky:



PŘÍLOHA 12.



LISOVNA - VZT 1 Mechanické hodnoty materiálu

Zkušební parametry:

Zákazník : ŠKODA Auto a.s. - Lisovna - VZT1
 Vypracoval : Michala Macounová
 Název dílu : Vnitřní plech 5.dveří Škoda Octavia II
 Číslo dílu :
 Jakost materiálu : DX 56D+Z100 MB0
 Norma : EN 10 327
 Omezení normy :
 Dodavatel : Voest
 Číslo svitku : 516883
 Drsnost Ra [mic] : 1,21
 Počet vrcholů Pc: 82

Naměřené hodnoty:

Legenda	Úhel odběru	č. zk.	a0 mm	S0 mm ²	E modul kN/mm ²	Rp 0,2 N/mm ²	Rm N/mm ²	Ag %	A80 %	def. exp. n	r-prům.
	1	1	0,78	16,01	205,9	165	302	25,4	43,9	0,237	2,15
		2	0,78	16,01	214,1	167	305	25,5	45,6	0,235	2,16
		3	0,78	16,01	208,3	166	304	25,8	46,1	0,237	2,15
	2	1	0,78	16,01	171,4	162	308	26,2	49,1	0,240	1,82
		2	0,78	16,01	180,0	160	307	26,3	46,7	0,241	1,84
		3	0,78	16,01	182,5	158	306	26,2	45,9	0,243	1,82
	3	1	0,78	16,01	167,0	166	310	25,5	45,2	0,235	1,62
		2	0,78	16,01	170,6	166	310	25,1	42,2	0,234	1,60
		3	0,78	16,01	185,6	167	311	25,0	42,1	0,234	1,56

Statistika:

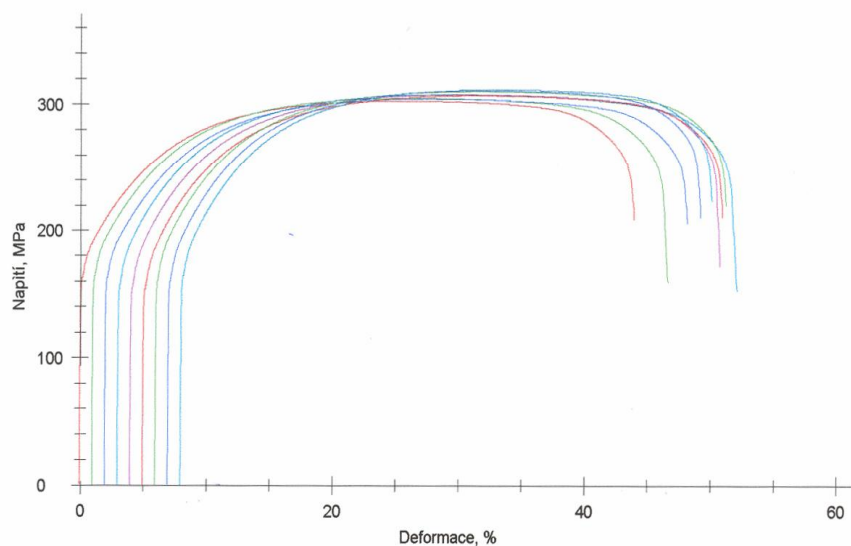
0 n = 3	S0 mm ²	E modul kN/mm ²	Rp 0,2 N/mm ²	Rm N/mm ²	Ag %	A80 %	def. exp. n	r-prům.
x	16,01	209,4	166	304	25,5	45,2	0,236	2,15
min.	16,01	205,9	165	302	25,4	43,9	0,235	2,15
max.	16,01	214,1	167	305	25,8	46,1	0,237	2,16
s	0,00	4,2	1	1	0,2	1,2	0,001	0,01

PŘÍLOHA 12.

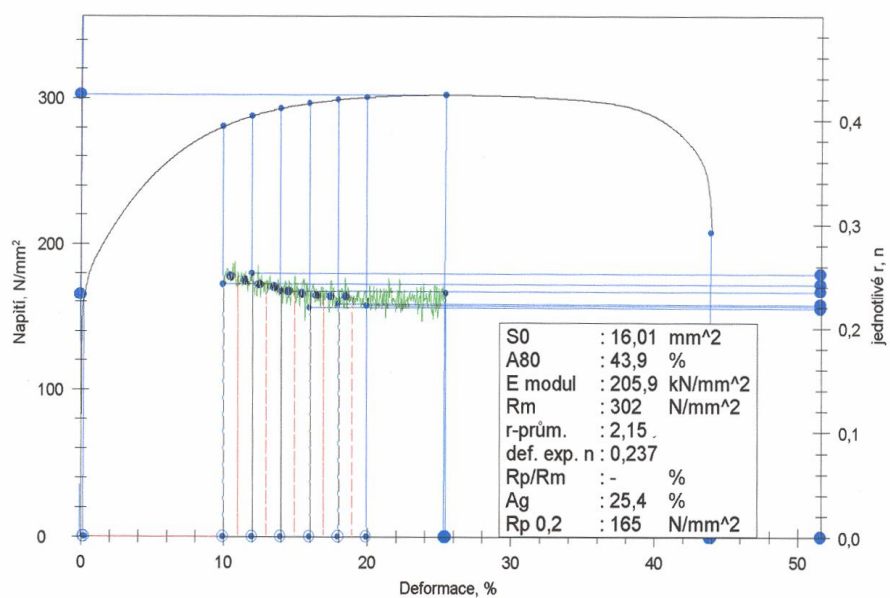


LISOVNA - VZT 1 Mechanické hodnoty materiálu

Průběhy zkoušek:



Průběh jednotlivé zkoušky:



PŘÍLOHA 13.






LISOVNA - VZT 1 Mechanické hodnoty materiálu

Zkušební parametry:

Zákazník : ŠKODA Auto a.s. - Lisovna - VZT1
 Vypracoval : Michala Macounová
 Název dílu : Vnitřní plech 5.dveří Škoda Octavia II
 Číslo dílu :
 Jakost materiálu : DX 56D+Z100 MB0
 Norma : EN 10 327
 Omezení normy :
 Dodavatel : Voest
 Číslo svitku : 516883
 Drsnost Ra [mic] : 1,21
 Počet vrcholů Pc: 82

Naměřené hodnoty:

Legenda	Úhel odběru	č. zk.	a0 mm	S0 mm ²	E modul kN/mm ²	Rp 0,2 N/mm ²	Rm N/mm ²	Ag %	A80 %	def. exp. n	r-prům.
	1	1	0,78	16,01	205,9	165	302	25,4	43,9	0,237	2,15
		2	0,78	16,01	214,1	167	305	25,5	45,6	0,235	2,16
		3	0,78	16,01	208,3	166	304	25,8	46,1	0,237	2,15
	2	1	0,78	16,01	171,4	162	308	26,2	49,1	0,240	1,82
		2	0,78	16,01	180,0	160	307	26,3	46,7	0,241	1,84
		3	0,78	16,01	182,5	158	306	26,2	45,9	0,243	1,82
	3	1	0,78	16,01	167,0	166	310	25,5	45,2	0,235	1,62
		2	0,78	16,01	170,6	166	310	25,1	42,2	0,234	1,60
		3	0,78	16,01	185,6	167	311	25,0	42,1	0,234	1,56

Statistika:

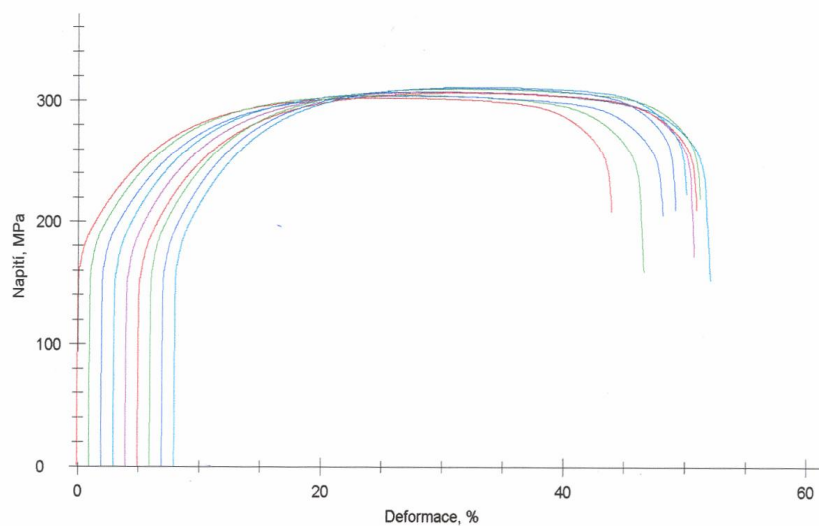
0 n = 3	S0 mm ²	E modul kN/mm ²	Rp 0,2 N/mm ²	Rm N/mm ²	Ag %	A80 %	def. exp. n	r-prům.
\bar{x}	16,01	209,4	166	304	25,5	45,2	0,236	2,15
min.	16,01	205,9	165	302	25,4	43,9	0,235	2,15
max.	16,01	214,1	167	305	25,8	46,1	0,237	2,16
s	0,00	4,2	1	1	0,2	1,2	0,001	0,01

PŘÍLOHA 13.

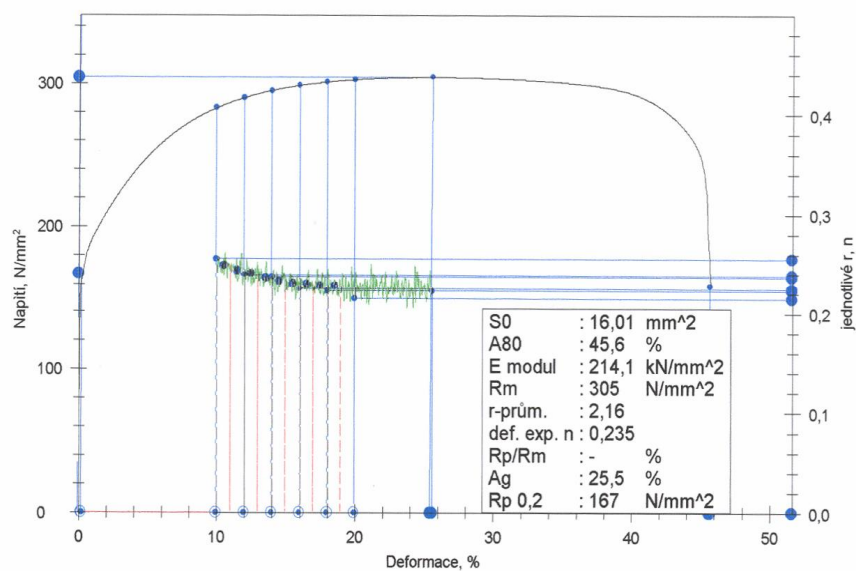


LISOVNA - VZT 1
Mechanické hodnoty materiálu

Průběhy zkoušek:



Průběh jednotlivé zkoušky:



strana 2

Protokol 1/2

PŘÍLOHA 14.






LISOVNA - VZT 1 Mechanické hodnoty materiálu

Zkušební parametry:

Zákazník : ŠKODA Auto a.s. - Lisovna - VZT1
 Vypracoval : Michala Macounová
 Název dílu : Vnitřní plech 5.dveří Škoda Octavia II
 Číslo dílu :
 Jakost materiálu : DX 56D+Z100 MB0
 Norma : EN 10 327
 Omezení normy :
 Dodavatel : Voest
 Číslo svitku : 516883
 Drsnost Ra [mic] : 1,21
 Počet vrcholů Pc : 82

Naměřené hodnoty:

Legenda	Úhel odběru	č. zk.	a0 mm	S0 mm ²	E modul kN/mm ²	Rp 0,2 N/mm ²	Rm N/mm ²	Ag %	A80 %	def. exp. n	r-prům.
	1	1	0,78	16,01	205,9	165	302	25,4	43,9	0,237	2,15
		2	0,78	16,01	214,1	167	305	25,5	45,6	0,235	2,16
		3	0,78	16,01	208,3	166	304	25,8	46,1	0,237	2,15
	2	1	0,78	16,01	171,4	162	308	26,2	49,1	0,240	1,82
		2	0,78	16,01	180,0	160	307	26,3	46,7	0,241	1,84
		3	0,78	16,01	182,5	158	306	26,2	45,9	0,243	1,82
	3	1	0,78	16,01	167,0	166	310	25,5	45,2	0,235	1,62
		2	0,78	16,01	170,6	166	310	25,1	42,2	0,234	1,60
		3	0,78	16,01	185,6	167	311	25,0	42,1	0,234	1,56

Statistika:

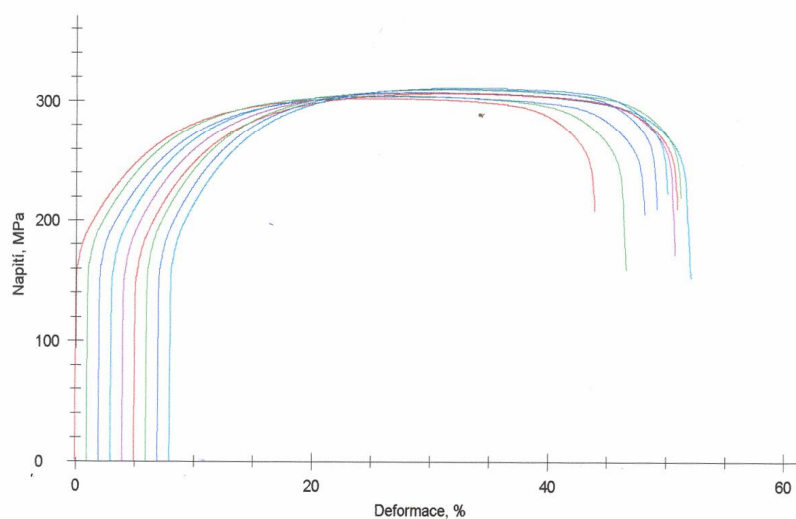
0 n = 3	S0 mm ²	E modul kN/mm ²	Rp 0,2 N/mm ²	Rm N/mm ²	Ag %	A80 %	def. exp. n	r-prům.
\bar{x}	16,01	209,4	166	304	25,5	45,2	0,236	2,15
min.	16,01	205,9	165	302	25,4	43,9	0,235	2,15
max.	16,01	214,1	167	305	25,8	46,1	0,237	2,16
s	0,00	4,2	1	1	0,2	1,2	0,001	0,01

PŘÍLOHA 14.

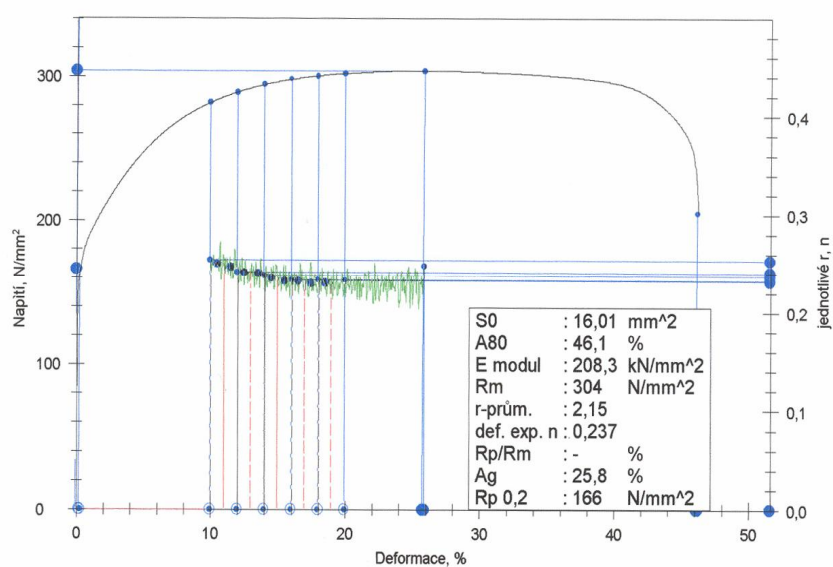


LISOVNA - VZT 1 Mechanické hodnoty materiálu

Průběhy zkoušek:



Průběh jednotlivé zkoušky:



PŘÍLOHA 15.












LISOVNA - VZT 1 Mechanické hodnoty materiálu

Zkušební parametry:

Zákazník : ŠKODA Auto a.s. - Lisovna - VZT1
 Vypracoval : Michala Macounová
 Název dílu : Vnitřní plech 5.dveří Škoda Octavia II
 Číslo dílu :
 Jakost materiálu : DX 56D+Z100 MB0
 Norma : EN 10 327
 Omezení normy :
 Dodavatel : Voest
 Číslo svítku : 516883
 Drsnost Ra [mic] : 1,21
 Počet vrcholů Pc: 82

Naměřené hodnoty:

Legenda	Úhel odběru	č. zk.	a0 mm	S0 mm ²	E modul kN/mm ²	Rp 0,2 N/mm ²	Rm N/mm ²	Ag %	A80 %	def. exp. n	r-prům.
	1	1	0,78	16,01	205,9	165	302	25,4	43,9	0,237	2,15
		2	0,78	16,01	214,1	167	305	25,5	45,6	0,235	2,16
		3	0,78	16,01	208,3	166	304	25,8	46,1	0,237	2,15
	2	1	0,78	16,01	171,4	162	308	26,2	49,1	0,240	1,82
		2	0,78	16,01	180,0	160	307	26,3	46,7	0,241	1,84
		3	0,78	16,01	182,5	158	306	26,2	45,9	0,243	1,82
	3	1	0,78	16,01	167,0	166	310	25,5	45,2	0,235	1,62
		2	0,78	16,01	170,6	166	310	25,1	42,2	0,234	1,60
		3	0,78	16,01	185,6	167	311	25,0	42,1	0,234	1,56

Statistika:

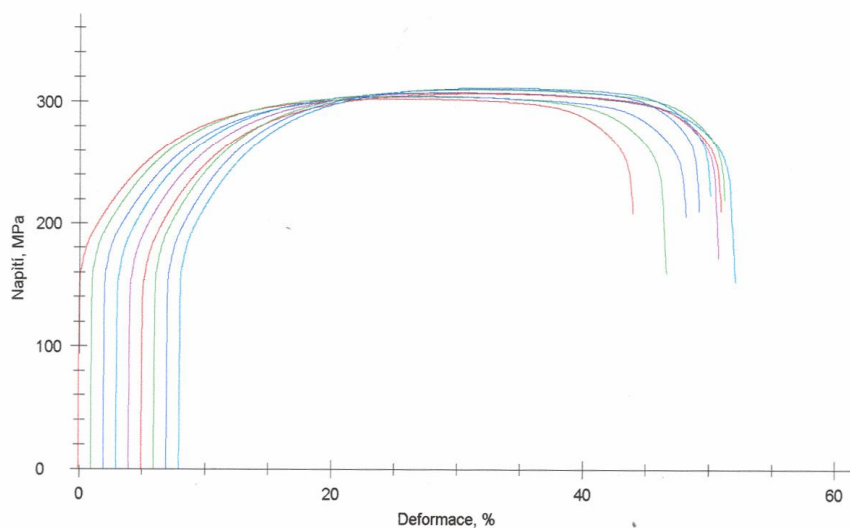
0 n = 3	S0 mm ²	E modul kN/mm ²	Rp 0,2 N/mm ²	Rm N/mm ²	Ag %	A80 %	def. exp. n	r-prům.
x	16,01	177,9	160	307	26,2	47,2	0,241	1,83
min.	16,01	171,4	158	306	26,2	45,9	0,240	1,82
max.	16,01	182,5	162	308	26,3	49,1	0,243	1,84
s	0,00	5,8	2	1	0,1	1,6	0,001	0,01

PŘÍLOHA 15.

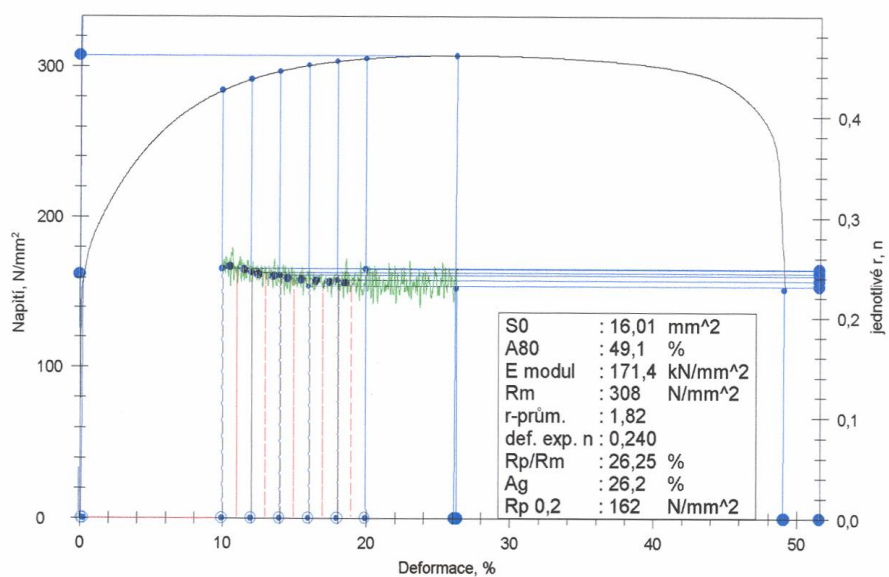


LISOVNA - VZT 1 Mechanické hodnoty materiálu

Průběhy zkoušek:



Průběh jednotlivé zkoušky:



strana 2

Protokol 1/2

PŘÍLOHA 16.



LISOVNA - VZT 1 Mechanické hodnoty materiálu

Zkušební parametry:

Zákazník : ŠKODA Auto a.s. - Lisovna - VZT1
 Vypracoval : Michala Macounová
 Název dílu : Vnitřní plech 5.dveří Škoda Octavia II
 Číslo dílu :
 Jakost materiálu : DX 56D+Z100 MB0
 Norma : EN 10 327
 Omezení normy :
 Dodavatel : Voest
 Číslo svítku : 516883
 Drsnost Ra [mic] : 1,21
 Počet vrcholů Pc: 82

Naměřené hodnoty:

Legenda	Úhel odběru	č. zk.	a0 mm	S0 mm ²	E modul kN/mm ²	Rp 0,2 N/mm ²	Rm N/mm ²	Ag %	A80 %	def. exp. n	r-prům.
	1	1	0,78	16,01	205,9	165	302	25,4	43,9	0,237	2,15
		2	0,78	16,01	214,1	167	305	25,5	45,6	0,235	2,16
		3	0,78	16,01	208,3	166	304	25,8	46,1	0,237	2,15
	2	1	0,78	16,01	171,4	162	308	26,2	49,1	0,240	1,82
		2	0,78	16,01	180,0	160	307	26,3	46,7	0,241	1,84
		3	0,78	16,01	182,5	158	306	26,2	45,9	0,243	1,82
	3	1	0,78	16,01	167,0	166	310	25,5	45,2	0,235	1,62
		2	0,78	16,01	170,6	166	310	25,1	42,2	0,234	1,60
		3	0,78	16,01	185,6	167	311	25,0	42,1	0,234	1,56

Statistika:

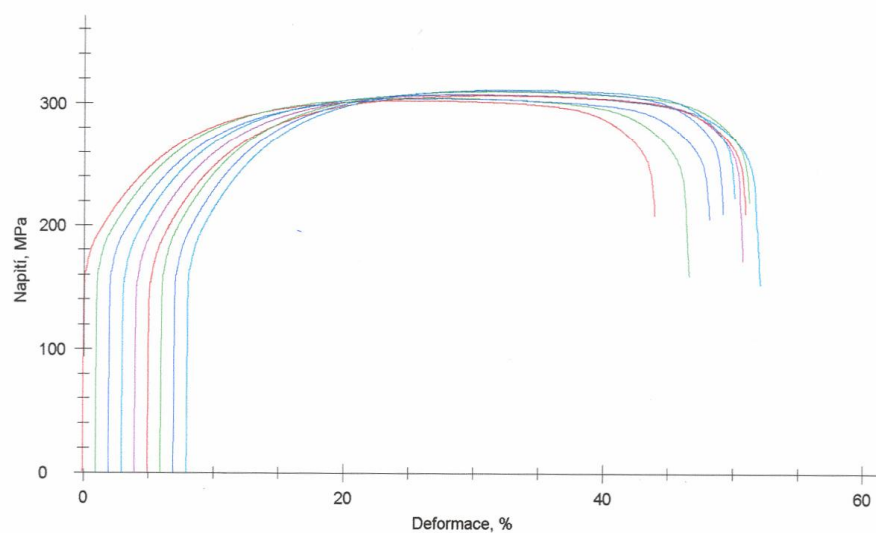
0 n = 3	S0 mm ²	E modul kN/mm ²	Rp 0,2 N/mm ²	Rm N/mm ²	Ag %	A80 %	def. exp. n	r-prům.
x	16,01	177,9	160	307	26,2	47,2	0,241	1,83
min.	16,01	171,4	158	306	26,2	45,9	0,240	1,82
max.	16,01	182,5	162	308	26,3	49,1	0,243	1,84
s	0,00	5,8	2	1	0,1	1,6	0,001	0,01

PŘÍLOHA 16.

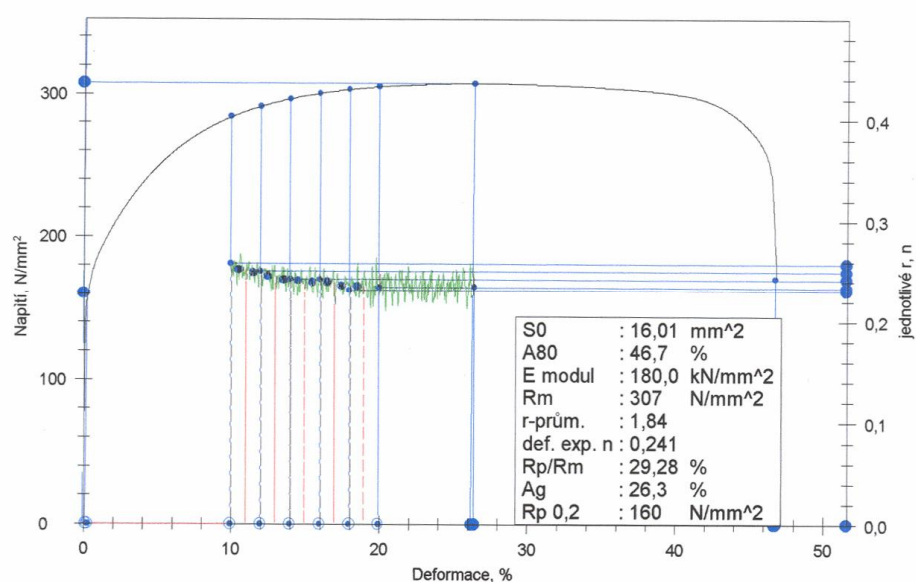


LISOVNA - VZT 1 Mechanické hodnoty materiálu

Průběhy zkoušek:



Průběh jednotlivé zkoušky:



PŘÍLOHA 17.



LISOVNA - VZT 1 Mechanické hodnoty materiálu

Zkušební parametry:

Zákazník : ŠKODA Auto a.s. - Lisovna - VZT1
 Vypracoval : Michala Macounová
 Název dílu : Vnitřní plech 5.dveří Škoda Octavia II
 Číslo dílu :
 Jakost materiálu : DX 56D+Z100 MB0
 Norma : EN 10 327
 Omezení normy :
 Dodavatel : Voest
 Číslo svitku : 516883
 Drsnost Ra [mic] : 1,21
 Počet vrcholů Pc: 82

Naměřené hodnoty:

Legenda	Úhel odběru	č. zk.	a0 mm	S0 mm ²	E modul kN/mm ²	Rp 0,2 N/mm ²	Rm N/mm ²	Ag %	A80 %	def. exp. n	r-prům.
	1	1	0,78	16,01	205,9	165	302	25,4	43,9	0,237	2,15
		2	0,78	16,01	214,1	167	305	25,5	45,6	0,235	2,16
		3	0,78	16,01	208,3	166	304	25,8	46,1	0,237	2,15
	2	1	0,78	16,01	171,4	162	308	26,2	49,1	0,240	1,82
		2	0,78	16,01	180,0	160	307	26,3	46,7	0,241	1,84
		3	0,78	16,01	182,5	158	306	26,2	45,9	0,243	1,82
	3	1	0,78	16,01	167,0	166	310	25,5	45,2	0,235	1,62
		2	0,78	16,01	170,6	166	310	25,1	42,2	0,234	1,60
		3	0,78	16,01	185,6	167	311	25,0	42,1	0,234	1,56

Statistika:

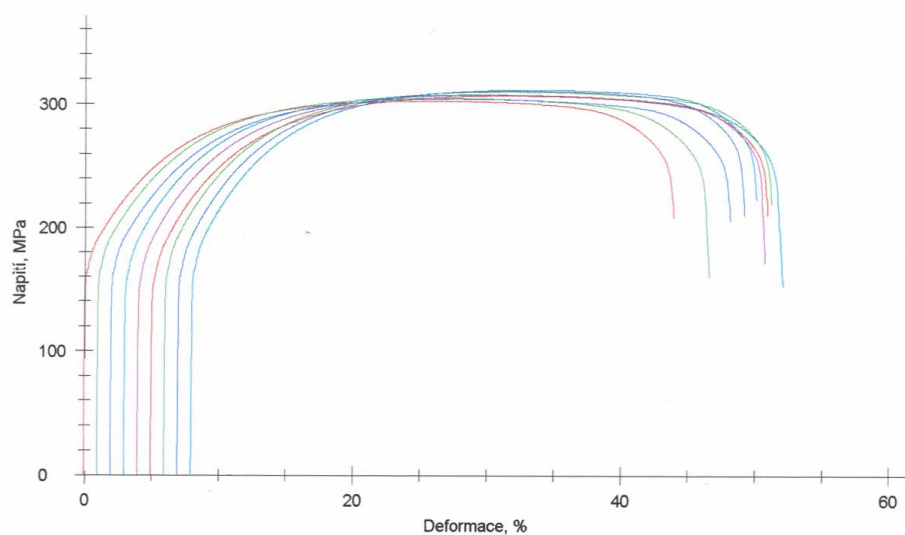
0 n = 3	S0 mm ²	E modul kN/mm ²	Rp 0,2 N/mm ²	Rm N/mm ²	Ag %	A80 %	def. exp. n	r-prům.
\bar{x}	16,01	177,9	160	307	26,2	47,2	0,241	1,83
min.	16,01	171,4	158	306	26,2	45,9	0,240	1,82
max.	16,01	182,5	162	308	26,3	49,1	0,243	1,84
s	0,00	5,8	2	1	0,1	1,6	0,001	0,01

PŘÍLOHA 17.

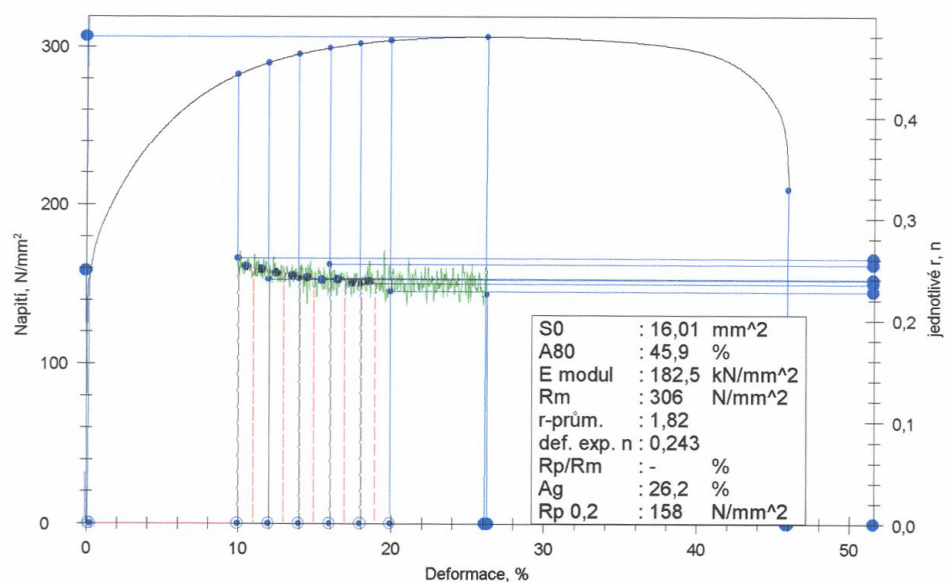


LISOVNA - VZT 1 Mechanické hodnoty materiálu

Průběhy zkoušek:



Průběh jednotlivé zkoušky:



PŘÍLOHA 18.



LISOVNA - VZT 1 Mechanické hodnoty materiálu

Zkušební parametry:

Zákazník : ŠKODA Auto a.s. - Lisovna - VZT1
 Vypracoval : Michala Macounová
 Název dílu : Vnitřní plech 5.dveří Škoda Octavia II
 Číslo dílu :
 Jakost materiálu : DX 56D+Z100 MB0
 Norma : EN 10 327
 Omezení normy :
 Dodavatel : Voest
 Číslo svitku : 516883
 Drsnost Ra [mic] : 1,21
 Počet vrcholů Pc: 82

Naměřené hodnoty:

Legenda	Úhel odběru	č. zk.	a0 mm	S0 mm ²	E modul kN/mm ²	Rp 0,2 N/mm ²	Rm N/mm ²	Ag %	A80 %	def. exp. n	r-prům.
	1	1	0,78	16,01	205,9	165	302	25,4	43,9	0,237	2,15
		2	0,78	16,01	214,1	167	305	25,5	45,6	0,235	2,16
		3	0,78	16,01	208,3	166	304	25,8	46,1	0,237	2,15
	2	1	0,78	16,01	171,4	162	308	26,2	49,1	0,240	1,82
		2	0,78	16,01	180,0	160	307	26,3	46,7	0,241	1,84
		3	0,78	16,01	182,5	158	306	26,2	45,9	0,243	1,82
	3	1	0,78	16,01	167,0	166	310	25,5	45,2	0,235	1,62
		2	0,78	16,01	170,6	166	310	25,1	42,2	0,234	1,60
		3	0,78	16,01	185,6	167	311	25,0	42,1	0,234	1,56

Statistika:

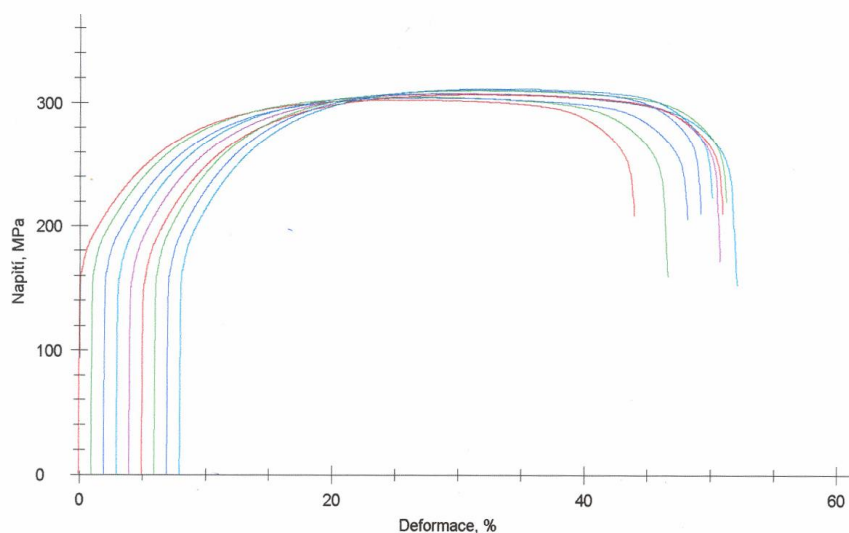
0 n = 3	S0 mm ²	E modul kN/mm ²	Rp 0,2 N/mm ²	Rm N/mm ²	Ag %	A80 %	def. exp. n	r-prům.
x	16,01	174,4	166	310	25,2	43,1	0,234	1,59
min.	16,01	167,0	166	310	25,0	42,1	0,234	1,56
max.	16,01	185,6	167	311	25,5	45,2	0,235	1,62
s	0,00	9,9	1	1	0,3	1,8	0,001	0,03

PŘÍLOHA 18.

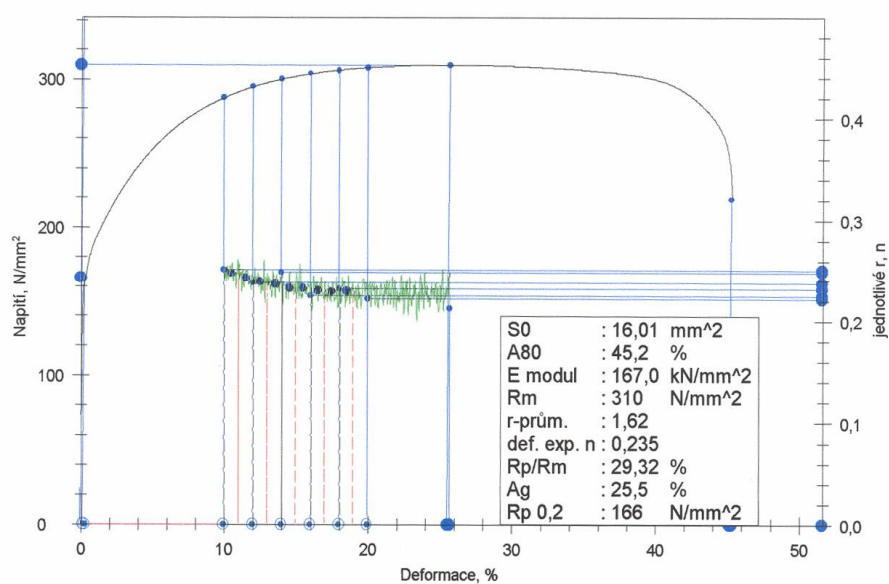


LISOVNA - VZT 1 Mechanické hodnoty materiálu

Průběhy zkoušek:



Průběh jednotlivé zkoušky:



PŘÍLOHA 19.



LISOVNA - VZT 1 Mechanické hodnoty materiálu

Zkušební parametry:

Zákazník : ŠKODA Auto a.s. - Lisovna - VZT1
 Vypracoval : Michala Macounová
 Název dílu : Vnitřní plech 5.dveří Škoda Octavia II
 Číslo dílu :
 Jakost materiálu : DX 56D+Z100 MB0
 Norma : EN 10 327
 Omezení normy :
 Dodavatel : Voest
 Číslo svitku : 516883
 Drsnost Ra [mic] : 1,21
 Počet vrcholů Pc: 82

Naměřené hodnoty:

Legenda	Úhel odběru	č. zk.	a0 mm	S0 mm ²	E modul kN/mm ²	Rp 0,2 N/mm ²	Rm N/mm ²	Ag %	A80 %	def. exp. n	r-prům.
	1	1	0,78	16,01	205,9	165	302	25,4	43,9	0,237	2,15
		2	0,78	16,01	214,1	167	305	25,5	45,6	0,235	2,16
		3	0,78	16,01	208,3	166	304	25,8	46,1	0,237	2,15
	2	1	0,78	16,01	171,4	162	308	26,2	49,1	0,240	1,82
		2	0,78	16,01	180,0	160	307	26,3	46,7	0,241	1,84
		3	0,78	16,01	182,5	158	306	26,2	45,9	0,243	1,82
	3	1	0,78	16,01	167,0	166	310	25,5	45,2	0,235	1,62
		2	0,78	16,01	170,6	166	310	25,1	42,2	0,234	1,60
		3	0,78	16,01	185,6	167	311	25,0	42,1	0,234	1,56

Statistika:

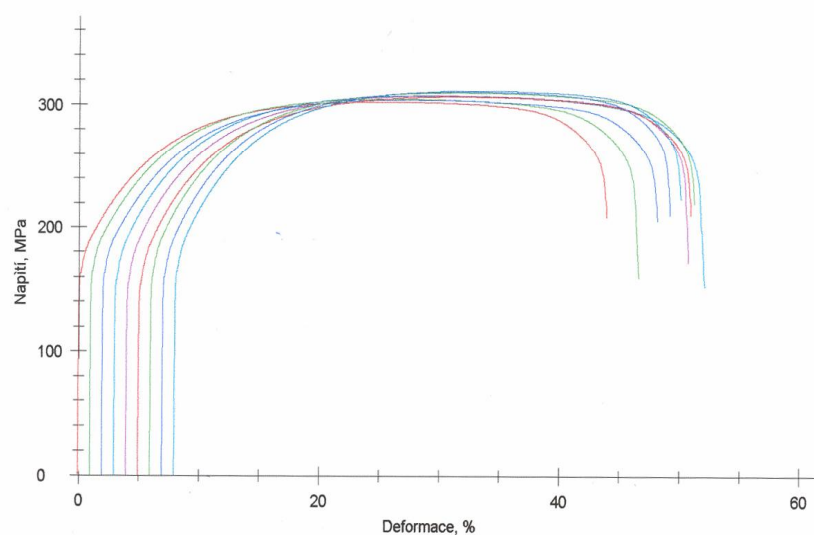
0 n = 3	S0 mm ²	E modul kN/mm ²	Rp 0,2 N/mm ²	Rm N/mm ²	Ag %	A80 %	def. exp. n	r-prům.
x	16,01	174,4	166	310	25,2	43,1	0,234	1,59
min.	16,01	167,0	166	310	25,0	42,1	0,234	1,56
max.	16,01	185,6	167	311	25,5	45,2	0,235	1,62
s	0,00	9,9	1	1	0,3	1,8	0,001	0,03

PŘÍLOHA 19.

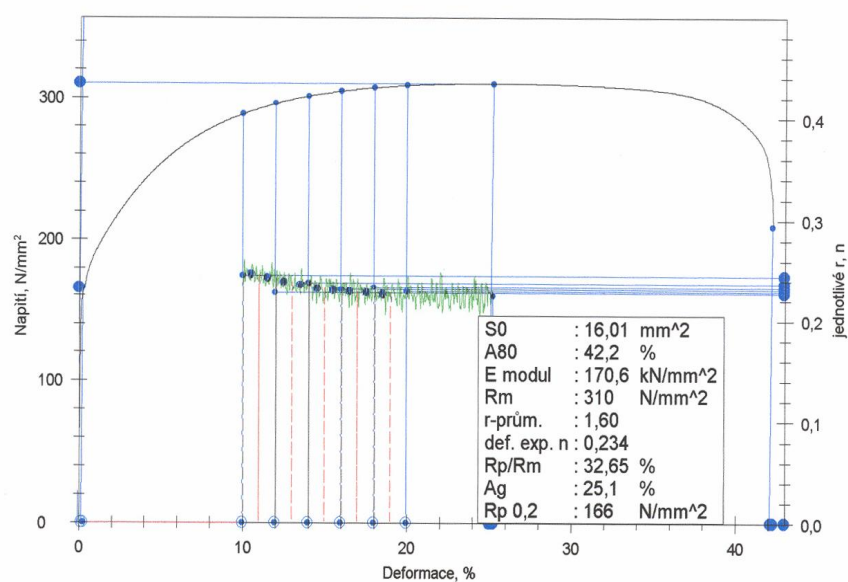


LISOVNA - VZT 1 Mechanické hodnoty materiálu

Průběhy zkoušek:



Průběh jednotlivé zkoušky:



PŘÍLOHA 20



LISOVNA - VZT 1 Mechanické hodnoty materiálu

Zkušební parametry:

Zákazník : ŠKODA Auto a.s. - Lisovna - VZT1
 Vypracoval : Michala Macounová
 Název dílu : Vnitřní plech 5.dveří Škoda Octavia II
 Číslo dílu :
 Jakost materiálu : DX 56D+Z100 MB0
 Norma : EN 10 327
 Omezení normy :
 Dodavatel : Voest
 Číslo svitku : 516883
 Drsnost Ra [mic] : 1,21
 Počet vrcholů Pc : 82

Naměřené hodnoty:

Legenda	Úhel odběru	č. zk.	a0 mm	S0 mm ²	E modul kN/mm ²	Rp 0,2 N/mm ²	Rm N/mm ²	Ag %	A80 %	def. exp. n	r-prům.
	1	1	0,78	16,01	205,9	165	302	25,4	43,9	0,237	2,15
		2	0,78	16,01	214,1	167	305	25,5	45,6	0,235	2,16
		3	0,78	16,01	208,3	166	304	25,8	46,1	0,237	2,15
	2	1	0,78	16,01	171,4	162	308	26,2	49,1	0,240	1,82
		2	0,78	16,01	180,0	160	307	26,3	46,7	0,241	1,84
		3	0,78	16,01	182,5	158	306	26,2	45,9	0,243	1,82
	3	1	0,78	16,01	167,0	166	310	25,5	45,2	0,235	1,62
		2	0,78	16,01	170,6	166	310	25,1	42,2	0,234	1,60
		3	0,78	16,01	185,6	167	311	25,0	42,1	0,234	1,56

Statistika:

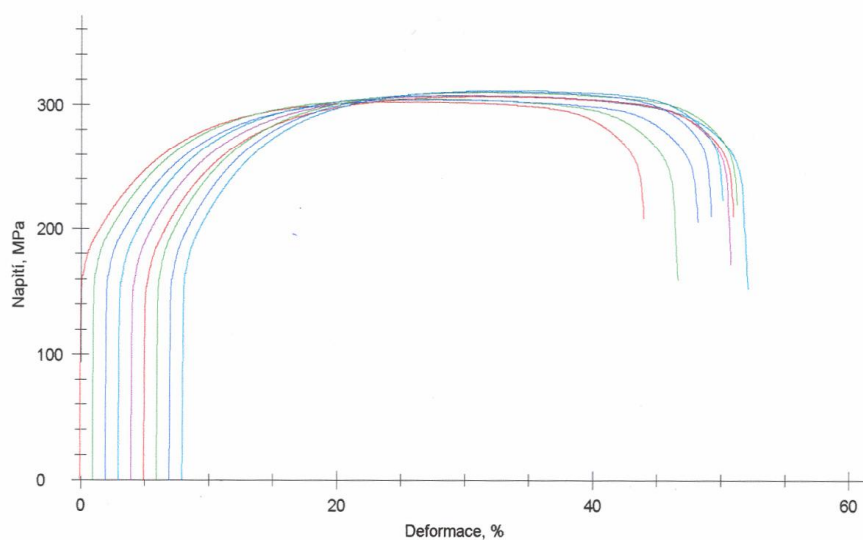
0 n = 3	S0 mm ²	E modul kN/mm ²	Rp 0,2 N/mm ²	Rm N/mm ²	Ag %	A80 %	def. exp. n	r-prům.
x	16,01	174,4	166	310	25,2	43,1	0,234	1,59
min.	16,01	167,0	166	310	25,0	42,1	0,234	1,56
max.	16,01	185,6	167	311	25,5	45,2	0,235	1,62
s	0,00	9,9	1	1	0,3	1,8	0,001	0,03

PŘÍLOHA 20

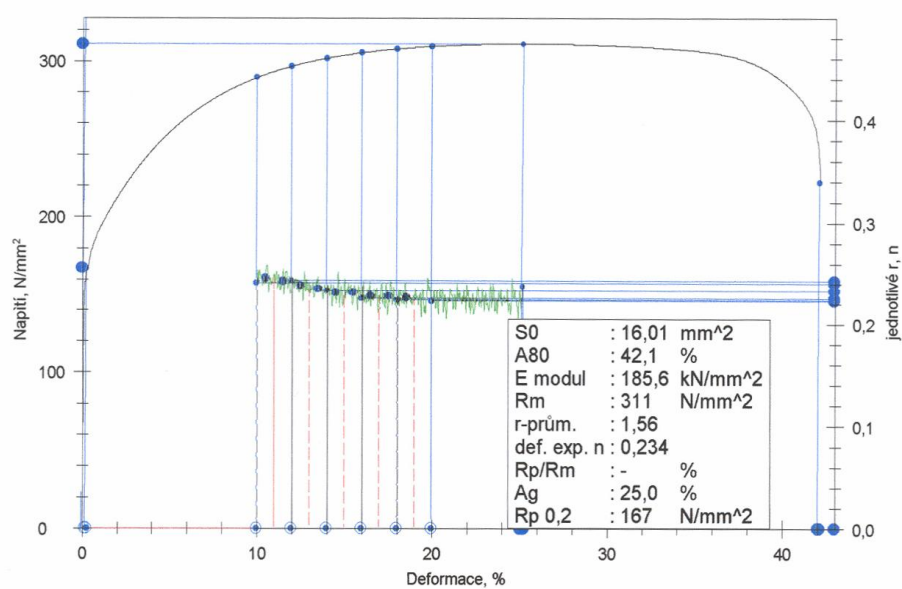


LISOVNA - VZT 1 Mechanické hodnoty materiálu

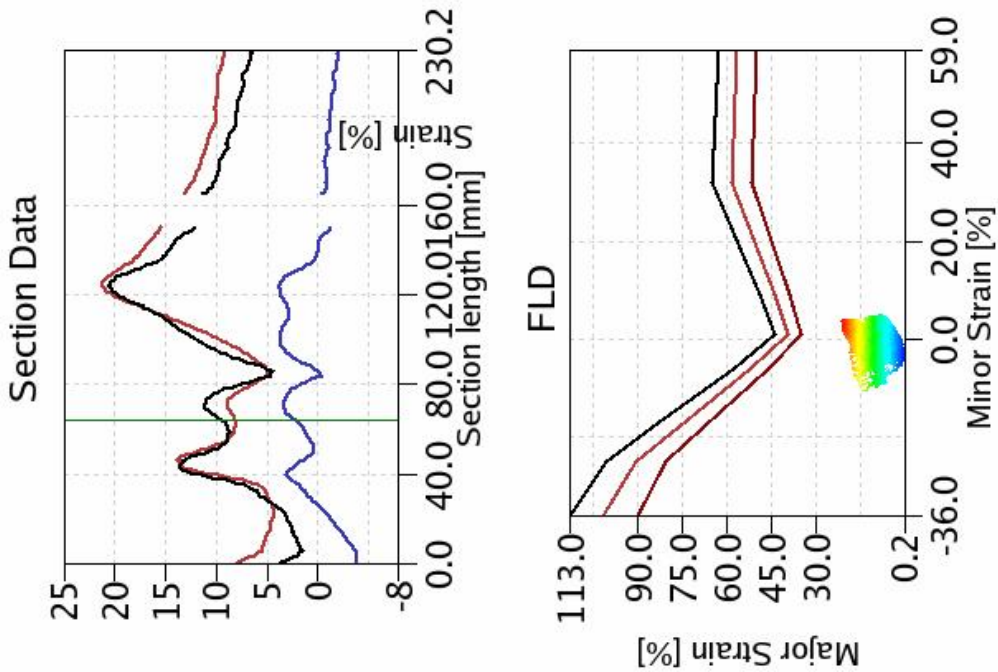
Průběhy zkoušek:



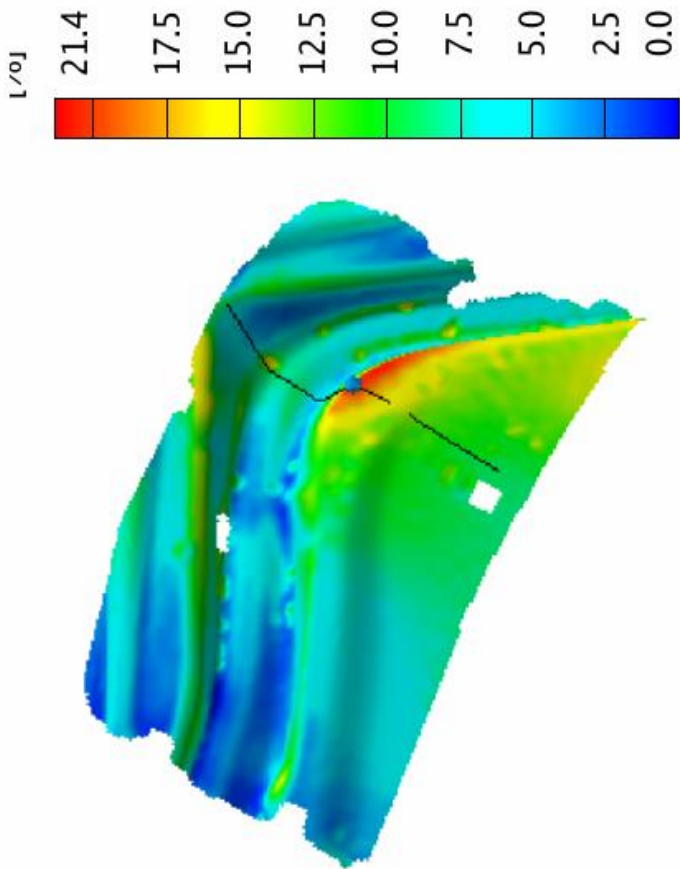
Průběh jednotlivé zkoušky:

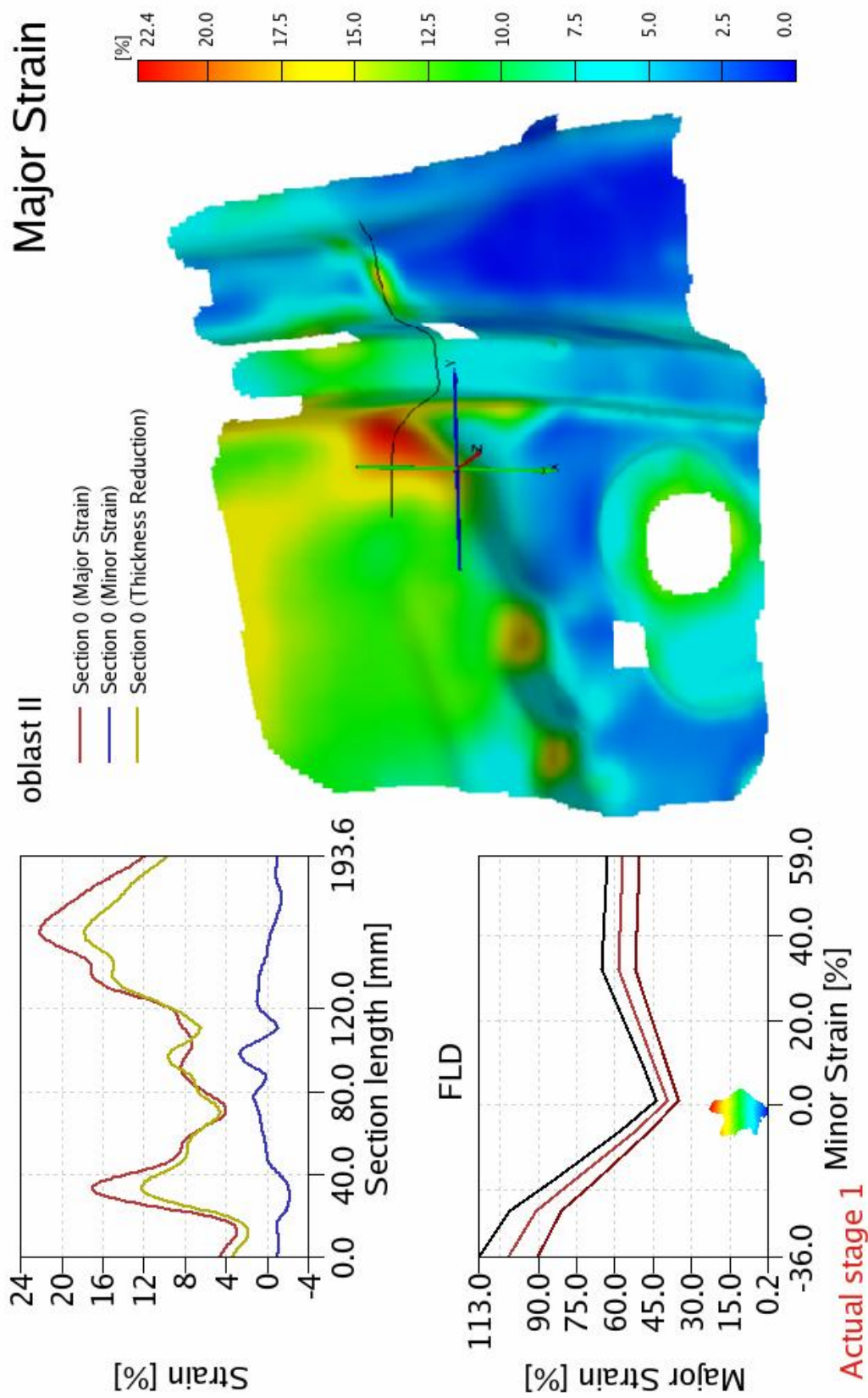


Major Strain

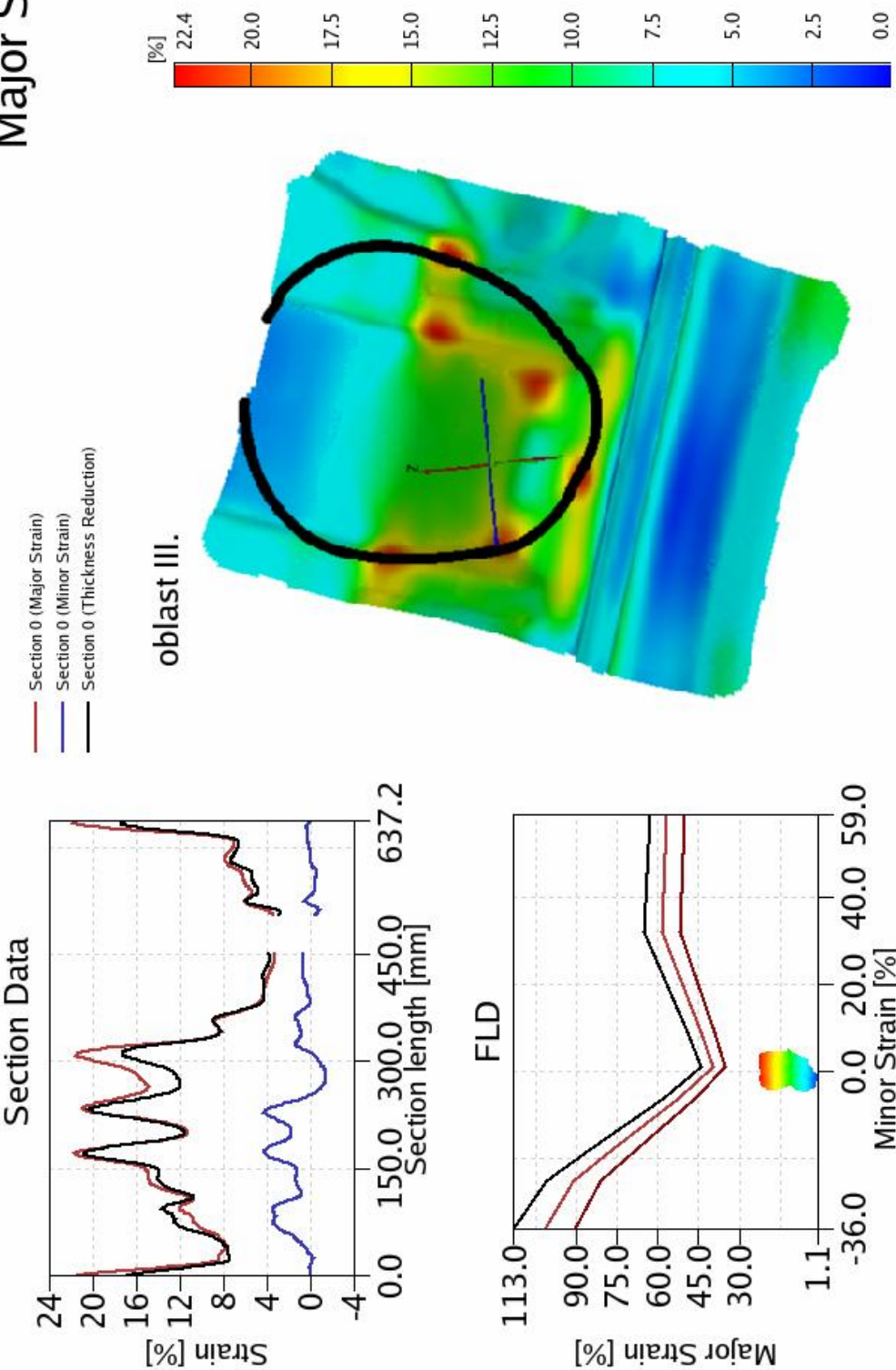


oblast I

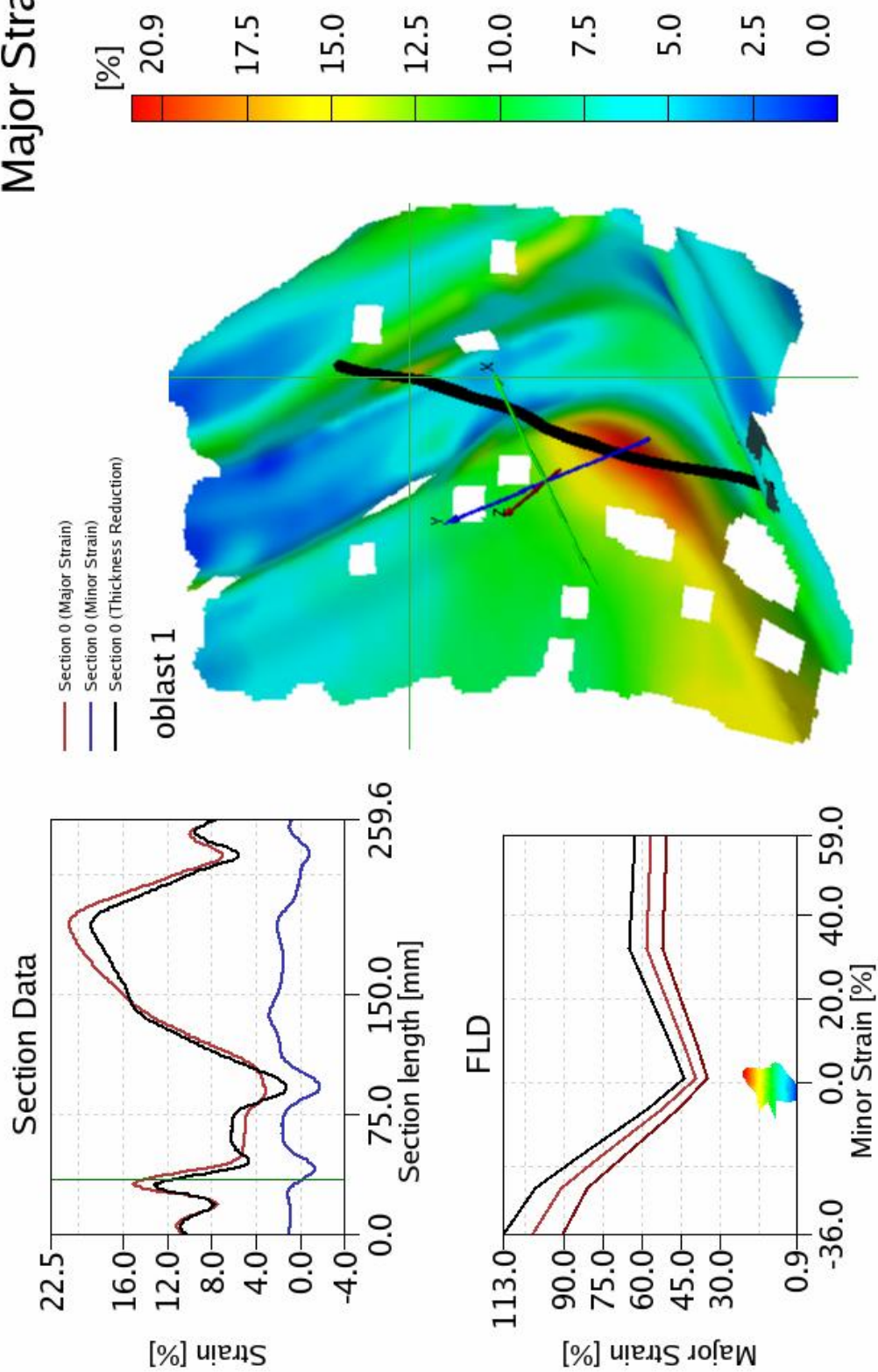


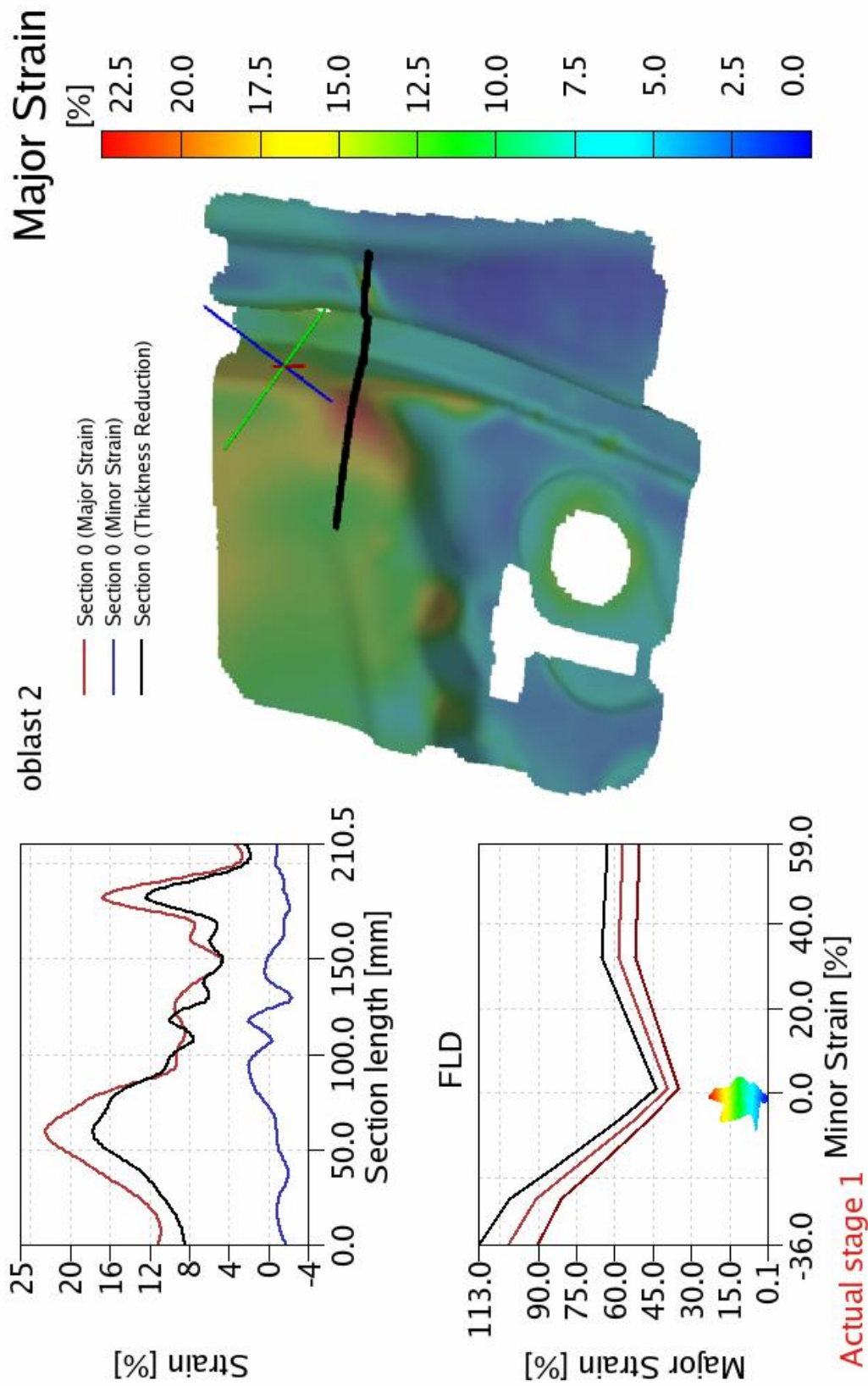


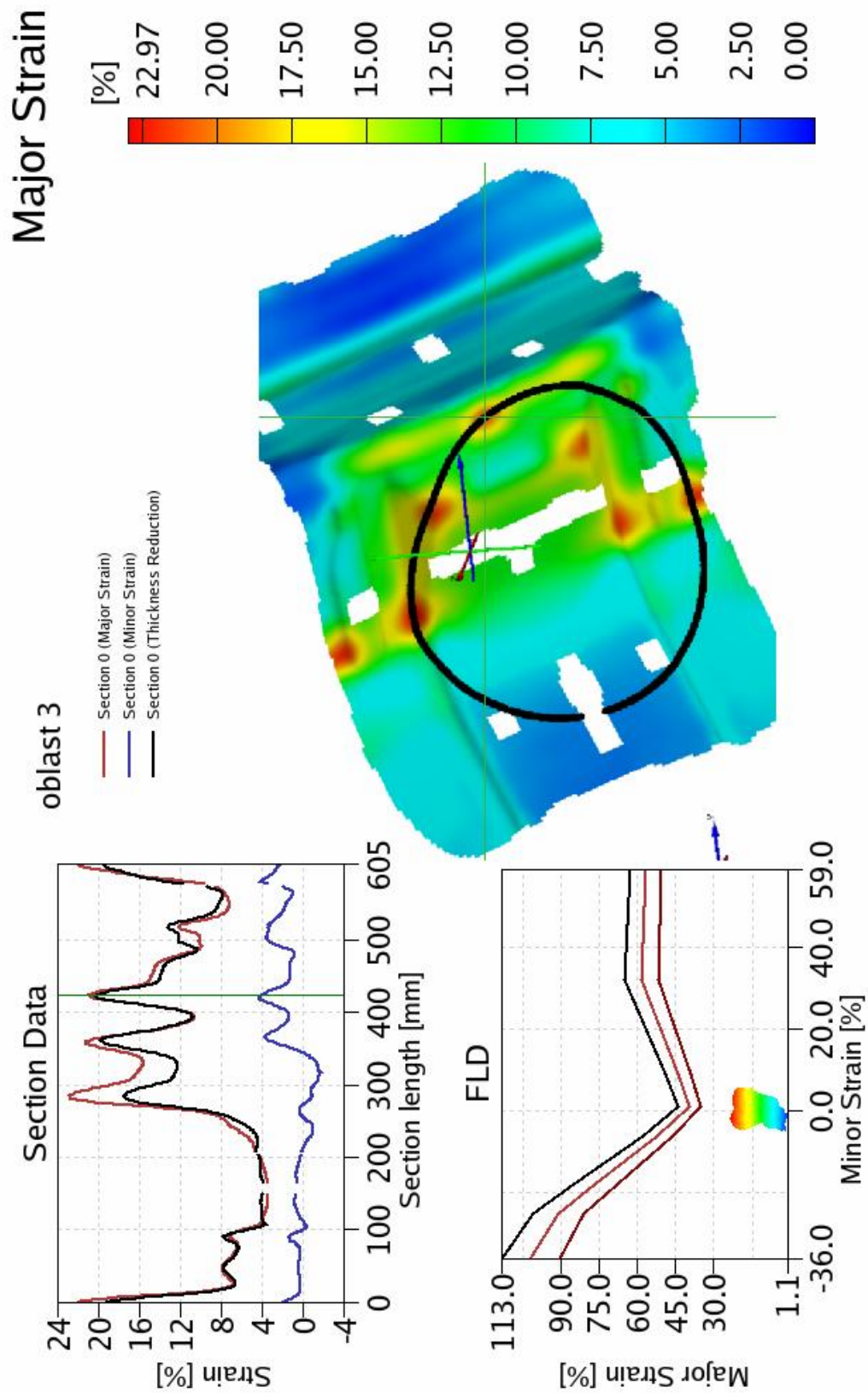
Major Strain



Major Strain







Prohlášení

Byl jsem seznámen s tím, že na mou diplomovou práci se plně vztahuje zákon č.121/2000 Sb. o právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci (TUL) nezasahuje do mých autorských práv užitím mé diplomové práce pro vnitřní potřebu TUL.

Užiji-li diplomovou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědom povinnosti informovat o této skutečnosti TUL; v tomto případě má TUL právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Diplomovou práci jsem vypracoval samostatně s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím diplomové práce a konzultantem.

Datum: 25.5. 2007

Podpis

Declaration

I have been notified of the fact that Copyright Act. No. 121/2000 Coll. applies to my thesis in full, in particular Section 60, School Work.

I am fully aware that the Technical University of Liberec is not interfering in my copyright by using my thesis for the internal purposes of TUL.

If I use my thesis or grant a licence for its use, I am Aware of the fact that I must inform TUL of this fact; in this case TUL has the right to seek that I pay the expenses invested in the creation of my thesis to the full amount.

I compiled the thesis on my own with the use of the acknowledged sources and on the basis of consultation.

Date 25.5.2007

Signature